

AUTOREFERAT

Dr Kamil Zygmunt Sierżant
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt
Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa

Wrocław, 2024

Spis treści

1. Dane wnioskodawcy.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).....	3
4.1. Tytuł szczególnego osiągnięcia naukowego.....	4
4.2. Prace wskazane jako szczególne osiągnięcie naukowe	4
4.3. Omówienie szczegółowe osiągnięcia naukowego.....	8
4.3.1. Wprowadzenie	8
4.3.2. Cele naukowe oraz omówienie wyników badań	15
4.4.3. Podsumowanie osiągnięcia naukowego	28
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej. .	35
5.1. Wykaz zrealizowanych staży zagranicznych	35
5.2. Współpraca międzynarodowa	35
5.3. Współpraca z innymi uczelniami krajowymi	38
5.3.1. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu	38
5.4. Działalność naukowo-badawcza w uczelni macierzystej	39
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	49
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	49
6.1.1. Wykaz prowadzonych zajęć	49
6.1.2. Opieka naukowa nad studentami i doktorantami	50
6.1.3. Opieka nad stażystami zagranicznymi oraz praktykantami w Laboratorium Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa.....	51
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	51
6.2.1. Organizacja konferencji.....	51
6.2.2. Udział w pracach Komisji Wydziałowych lub Uczelnianych	52
6.2.3. Inne formy działalności organizacyjnej:.....	52
6.3. Osiągnięcia popularyzatorskie.....	53
7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.	54
7.1. Udział w kursach i szkoleniach	54
7.2. Nagrody i wyróżnienia	56

1. Dane wnioskodawcy

Dr Kamil Zygmunt Sierżant

Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

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

- **Tytuł magistra**, kierunek: Biologia, specjalność: biologia stosowana, uzyskany 29/06/2009 r. na podstawie pracy magisterskiej pt.: *„Określenie właściwości przeciwutleniających naturalnych polifenoli w procesie utleniania modelowych błon liposomowych”*. Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Promotor pracy magisterskiej: Prof. dr hab. Janina Gabrielska.
- **Stopień doktora**, dziedzina: nauki rolnicze w dyscyplinie zootechnika, uzyskany w 2013 roku na podstawie rozprawy doktorskiej pt.: *„Dodatki naturalnych ekstraktów polifenolowych do diety kurcząt rzeźnych i ich wpływ na stabilność oksydacyjną mięsa oraz wybrane parametry produkcyjne”*. Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Data obrony: 16/09/2013 r.; data nadania stopnia doktora: 17/09/2013 r. Promotor rozprawy doktorskiej: Prof. dr hab. Janusz Orda. Recenzenci: Prof. dr hab. Renata Klebaniuk oraz Prof. dr hab. Jan Niemiec.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- **01/05/2014 r.**: stanowisko asystenta w Katedrze Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (1/2 etatu).
- **01/05/2016 r.**: stanowisko adiunkta w Katedrze Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (pełny etat).

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

4.1. Tytuł szczególnego osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe, będące podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), stanowi cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, ujętych pod wspólnym tytułem:

„Możliwość poprawy statusu antyoksydacyjnego oraz wydajności produkcyjnej u świń i kurcząt brojlerów”

4.2. Prace wskazane jako szczególne osiągnięcie naukowe

1. **[PC1] Sierżant K.**, Perruchot M-H., Merlot E., H, Le Floc'h N., Gondret F., 2019. *Tissue-specific responses of antioxidant pathways to poor hygiene conditions in growing pigs divergently selected for feed efficiency*. BMC Veterinary Research, 15:341:13. **IF: 1,835; 140 pkt. MNiSW.**

<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2107-2>

Mój wkład w pracę obejmował: wdrożenie i dostosowanie wybranych metod analitycznych do wykonywania oznaczeń parametrów antyoksydacyjnych; wykonanie analiz statusu antyoksydacyjnego osocza oraz analiz biochemicznych tkanek świń; uczestnictwo w pobieraniu i konserwacji materiału badawczego; wstępną analizę statystyczną danych oraz wnioskowanie; rewizję, edycję oraz korekty tekstu manuskryptu.

2. **[PC2] Sierżant K.**, Korzeniowska M., Półbrat T., Rybarczyk A., Smoliński J., 2022. *The use of an optimised concentration of quercetin limits peroxidation of lipids in the meat of broiler chickens fed a diet containing flaxseed oil rich in omega-3*. Animal, 16:100603:1-10. **IF: 3,60; 200 pkt. MNiSW.**

<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100603>

Mój wkład w pracę obejmował: opracowanie koncepcji oraz planu badań; uzyskanie dofinansowania na realizację pojedynczego działania badawczego [Miniatura 2, nr: 2018/02/X/NZ9/02467]; opracowanie metodologii badań; przeprowadzenie eksperymentu żywieniowego na kurczętach brojlerach; zarządzanie projektem oraz utworzonym zespołem badawczym; wykonanie analiz statystycznych oraz wnioskowanie; napisanie wersji roboczej manuskryptu; rewizję, edycję oraz korekty manuskryptu; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

3. **[PC3] Sierżant K.**, Piksa E., Konkol D., Lewandowska K., Asghar M., 2023. *Performance and antioxidant traits of broiler chickens fed with diets containing rapeseed or flaxseed oil and optimized quercetin*. Scientific Reports, 13:14011:1-13. **IF: 4,6; 140 pkt. MNiSW.**
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-41282-3>

Mój wkład w pracę obejmował: opracowanie koncepcji oraz planu badań; uzyskanie dofinansowania na realizację pojedynczego działania badawczego [Miniatura 2, nr: 2018/02/X/NZ9/02467]; opracowanie metodologii badań; przeprowadzenie eksperymentu żywieniowego na kurczętach brojlerach; wykonanie analiz statusu antyoksydacyjnego osocza i surowicy kurcząt; wykonanie analiz biochemicznych tkanek; zarządzanie projektem oraz utworzonym zespołem badawczym; wykonanie analiz statystycznych oraz wnioskowanie; napisanie wersji roboczej manuskryptu; rewizję, edycję oraz korekty manuskryptu; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

Wykaz alfabetyczny skrótów zastosowanych w autoreferacie:

- [D1], [D2], [D3], ... – doniesienia konferencyjne
- [P1], [P2], [P3], ... – publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JCR
- [p1] – publikacja naukowa w czasopiśmie nieznajdującym się w bazie JCR
- **[PC1], [PC2], [PC3]** – publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, ujęte jako cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych w postępowaniu habilitacyjnym
- [R1] – wygłoszony referat
- [RM1], [RM2], [RM3] – rozdziały monografii
- [S1], [S2], [S3] – zrealizowane staże badawcze
- [W1] – wykład plenarny
- ABTS – kwas 2,2'-azyno-bis(3-etylobenzotiazolino-6-sulfonowy); kationorodnik ABTS
- BF – z ang. backfat – tłuszcz grzbietowy
- BW – z ang. body weight – masa ciała
- BWG – z ang. body weight gain – przyrost masy ciała
- CAT – z ang. catalase – katalaza
- CS – z ang. citrate synthase – syntaza cytrynianowa
- DPPH – z ang. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical – wolny rodnik 2-difenylo-1-pikrylhydrazylu
- dROM – z ang. Diacron reactive oxygen metabolites – metabolii reaktywnych form tlenu Diacrona
- FCR – z ang. feed conversion ratio – współczynnik konwersji paszy
- FRAP – z ang. ferric reducing ability of plasma / ferric reducing antioxidant power – zdolność redukcji jonów żelaza osocza / siła redukcji jonów żelaza
- GPx – z ang. glutathione peroxidase – peroksydaza glutationowa
- GRx – z ang. glutathione reductase – reduktaza glutationowa
- GSH – glutathione reduced – glutation zredukowany
- GSSG – z ang. glutathione oxidized – glutation utleniony
- HAD – z ang. hydroxyacyl-coenzyme A – dehydrogenaza dehydrogenaza β -hydroksyacylokoenzymu A
- HRFI – z ang. high residual feed intake – wysokie resztkowe spożycie paszy (grupa świń niskoefektywnych)
- HRFI_G – z ang. high residual feed intake good – grupa świń niskoefektywnych utrzymywanych w dobrych warunkach higienicznych
- HRFI_P – z ang. high residual feed intake poor – grupa świń niskoefektywnych utrzymywanych w złych warunkach higienicznych
- IC50 – z ang. inhibition concentration 50% – połowa maksymalnego stężenia hamującego; stężenie przeciwutleniacza, które powoduje zahamowanie procesu peroksydacji o 50%
- K – kwercetyna
- KT – kwasy tłuszczowe
- LL – z łac. *Longissimu lumborum* – mięsień najdłuższy lędźwi

- LPS – z ang. lipopolysaccharides of Gram-negative bacteria – lipopolisacharydy bakterii Gram ujemnych
- LRFI – z ang. low residual feed intake – niskie resztkowe spożycie paszy (grupa świń wysokoefektywnych)
- LRFI_G – z ang. low residual feed intake good – grupa świń wysokoefektywnych utrzymywanych w dobrych warunkach higienicznych
- LRFI_P – z ang. low residual feed intake poor – grupa świń wysokoefektywnych utrzymywanych w złych warunkach higienicznych
- LW – z ang. large white – świnię rasy wielkiej białej
- MDA – z ang. malondialdehyde – dialdehyd malonowy
- NF- κ B – z ang. nuclear factor kappa B – jądrowy czynnik transkrypcyjny kappa B
- OL – olej lniany (grupa żywieniowa kurcząt)
- OL_K – diety zawierające olej lniany oraz zoptymalizowaną kwercetynę (grupa żywieniowa kurcząt)
- OR – olej rzepakowy (grupa żywieniowa kurcząt)
- OR_K – diety zawierające olej rzepakowy oraz zoptymalizowaną kwercetynę (grupa żywieniowa kurcząt)
- P_H – wartość prawdopodobieństwa dla czynnika warunków higienicznych utrzymania świń
- P_K – wartość prawdopodobieństwa czynnika zoptymalizowanej kwercetyny
- P_L – wartość prawdopodobieństwa dla czynnika linii genetycznej świń
- $P_{L \times H}$ – wartość prawdopodobieństwa interakcji czynnika linii genetycznej świń oraz warunków higienicznych utrzymania świń
- P_O – wartość prawdopodobieństwa czynnika oleju
- $P_{O \times K}$ – wartość prawdopodobieństwa interakcji czynnika oleju oraz zoptymalizowanej kwercetyny
- PRAT – z ang. perirenal adipose tissue – tkanka tłuszczowa okołonerkowa
- RFI – z ang. residual feed intake – resztkowe spożycie paszy
- RFT – reaktywne formy tlenu
- RFTA – reaktywne formy tlenu i azotu
- SOD – z ang. superoxide dismutase – dysmutaza nadtlenkowa
- TAC – z ang. total antioxidant capacity – całkowita zdolność przeciwutleniająca
- TBARS – z ang. thiobarbituric acid reactive substances – substancje reagujące z kwasem tiobarbiturowym
- TEAC – z ang. Trolox equivalent of antioxidant capacity – ekwiwalent aktywności antyoksydacyjnej Troloxu
- TNF-alfa – z ang. tumor necrosis factor alfa – czynnik martwicy nowotworu alfa
- W0, W6, W12, W13-14 – numery tygodni eksperymentu wykonanego na świniach
- WNKT – wielonienasycone kwasy tłuszczowe

4.3. Omówienie szczegółowe osiągnięcia naukowego

4.3.1. Wprowadzenie

Metabolizm tlenowy (fosforylacja oksydacyjna) umożliwił uzyskanie najwyższej efektywności wytwarzania energii ze związków organicznych, praktycznie u wszystkich gatunków zwierząt. Intensyfikacja procesów biochemicznych u organizmów aerobowych pociągnęła za sobą także wzrost emisji tzw. wolnych rodników oraz reaktywnych form tlenu (RFT). Jako molekuly posiadające co najmniej jeden niesparowany elektron, RFT cechują się reaktywnością wyższą niż cząsteczki tlenu (Mandelker, 2008). W warunkach homeostazy ilość RFT powstających w organizmie jest na bieżąco regulowana. Regulacja ta odbywa się przy udziale układu obrony antyoksydacyjnej, w skład którego wchodzi system enzymatyczny (dysmutaza ponadtlenkowa – SOD; katalaza – CAT; peroksydaza i reduktaza glutationowa – GPx i GRx) oraz nieenzymatyczny, w obejmujący przeciwutleniacze niskocząsteczkowe (glutation – GSH; bilirubina, kwas moczowy, witaminy antyoksydacyjne – A, E i C), karotenoidy i inne związki pochodzenia roślinnego (np. związki polifenolowe) (Evans i Haliwell, 1999).

Stres oksydacyjny pojawia się gdy wytwarzanie RFT przełamuje mechanizmy obrony antyoksydacyjnej organizmu zwierzęcia. Stan ten towarzyszy okresom krytycznym życia zwierząt, takim jak narodziny, wylęg, odsadzenie czy laktacja (Durand i wsp., 2022); może on być jednak stanem patologicznym, wywołanym przez liczne czynniki środowiskowe, w tym czynniki infekcyjne (drobnoustroje, pasożyty, etc.). Zbyt intensywna lub długotrwała ekspozycja organizmu na działanie RFT skutkuje powstaniem uszkodzeń i zmian w obrębie struktur makrocząsteczek komórkowych (lipidy, białka, cukry, kwasy nukleinowe), co wywiera szkodliwy wpływ na funkcje biologiczne tkanek, narządów oraz stan zdrowia zwierzęcia. Wpływa ona również na obniżenie produktywności zwierząt oraz jakość produktów pochodzenia zwierzęcego (Kumar i wsp., 2022).

Tradycyjnie stres oksydacyjny definiowany jest w zakresie czterech kategorii zmian biologicznych występujących w organizmie, które obejmują: i) ocenę wytwarzania reaktywnych form tlenu i azotu (RFTA) w komórce; ii) zmiany (zwykle spadek) w zdolności komórkowej obrony antyoksydacyjnej (SOD, CAT, GPx i GRx oraz antyoksydanty niskocząsteczkowe); iii) ocenę biomarkerów stresu oksydacyjnego, odzwierciedlających oksydacyjną modyfikację szeregu makrocząsteczek (np. markery peroksydacji, jak dialdehyd malonowy – MDA; markery utleniania białek – np. pochodne karbonyłowe; czy uszkodzeń oksydacyjnych DNA – obecność 8-hydroksy-2-deoksyguanozyny); iv) ocenę zaburzeń w komórkowym statusie redoks (np. stosunek glutationu zredukowanego do utlenionego:

GSH:GSSG). Obecnie coraz częściej stosuje się definicję stresu oksydacyjnego do opisu stanu zaburzeń, uszkodzeń czy procesów patologicznych, powodowanych przez RFT oraz RFTA w różnych obszarach/strukturach organizmu (Ji i Yeo, 2021).

W kontekście równowagi oksydacyjno-redukcyjnej organizmu relatywnie często stosowanym pojęciem w literaturze przedmiotu jest status antyoksydacyjny. Pojęcie to nie jest ściśle zdefiniowane, jednakże określane jest jako miara zdolności organizmu do unieszkodliwiania RFT, lub jako stan równowagi pomiędzy endogennymi utleniaczami oraz mechanizmami obrony antyoksydacyjnej (Mandelker, 2011). Ze względu na trudności w pomiarze każdego składnika przeciwutleniającego z osobna, opracowano kilka metod oceny całkowitej zdolności przeciwutleniającej, które uwzględniają działanie zbiorcze przeciwutleniaczy obecnych w osoczu lub płynach ustrojowych jako parametr globalny, a nie jako prostą sumę mierzalnych przeciwutleniaczy (Ghiselli i wsp., 1995/2000). Status antyoksydacyjny można ocenić wykonując pomiary markerów uszkodzeń oksydacyjnych, takich jak produkty peroksydacji lipidów (MDA), a także oceniając aktywność enzymów przeciwutleniających oraz antyoksydantów nieenzymatycznych. Mierniki te obejmują ocenę ekwiwalentów zdolności przeciwutleniającej Troloxu (TEAC), zdolność do redukcji jonów żelaza w osoczu (FRAP) (Benzie i Strain, 1996), całkowitą zdolność przeciwutleniającą (TAC), całkowity status antyoksydacyjny (TAS), czy poziom reaktywnych metabolitów tlenu Diacrona (dROM), wykonywane głównie we krwi (Celi i wsp., 2010). Innym źródłem informacji na temat zmian statusu antyoksydacyjnego są różnice w aktywności enzymów SOD, CAT, GPx, GRx, a także poziom glutationu zredukowanego (GSH) i utlenionego (GSSG), ich wzajemny stosunek (GSH:GSSG), czy ilość substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) (Lykkesfeldt i Svendsen, 2007). Analizy te można wykonywać na przykład w wątrobie, w mięśniach oraz w tkance tłuszczowej.

Z uwagi na wysoki poziom metabolizmu zwierząt gospodarskich, rola statusu antyoksydacyjnego jest kluczowa dla utrzymania ich zdrowia i produktywności. Wykazano, że stres oksydacyjny wywołany brakiem równowagi antyoksydacyjnej może negatywnie wpływać na procesy biologiczne u zwierząt, w tym na ich wzrost, reprodukcję, reakcje immunologiczne oraz ogólny dobrostan (Wojtas i wsp., 2017). Ponadto, zwierzęta gospodarskie są często narażone także na warunki stresowe, takie jak stres cieplny, złe warunki higieniczne, obecność szkodliwych substancji w paszy, czy infekcje, które mogą prowadzić do zwiększonej produkcji RFT oraz uszkodzeń oksydacyjnych (Lykkesfeldt i Svendsen, 2007).

Złe warunki higieniczne pomieszczeń inwentarskich stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia i życia zwierząt, ponieważ zwiększają częstość występowania chorób oraz schorzeń

przewlekłych. Nieprawidłowy stan sanitarny obniża strawność składników pokarmowych, zwiększa zużycie paszy, obniża tempo przyrostów oraz efektywność wykorzystania paszy (Pastorelli i wsp., 2012; Le Floc'h i wsp., 2014). Wywołuje on również ogólnoustrojową odpowiedź zapalną w organizmie zwierząt oraz stres oksydacyjny (Le Floc'h i wsp., 2014; Chatelet i wsp., 2018) – procesy, które są ze sobą powiązane. Przykładem ścisłego związku stresu oksydacyjnego ze stanem zapalnym są rodniki ponadtlenkowe, wytwarzane przez oksydazę NADPH z aktywowanych komórek odpornościowych podczas reakcji zapalnych, które są równoległe aktywatorami szlaku NF- κ B wywołującego ten stan (Pantano i wsp., 2006). Przewlekła odpowiedź zapalna przyczynia się do przekierowywania składników odżywczych do układu odpornościowego, kosztem wykorzystania ich w przyroście tkanki mięśniowej oraz tłuszczowej (Quéméner i wsp., 2022).

Z uwagi na istotną rolę czynników środowiskowych w indukowaniu stresu oksydacyjnego u zwierząt, możliwe działania prewencyjne obejmują przede wszystkim zapewnienie prawidłowych warunków zoohigienicznych oraz stosowanie odpowiednio zbilansowanej i wolnej od toksyn diety (Yang i wsp., 2020). Obniżenie stresu oksydacyjnego oraz poprawę statusu antyoksydacyjnego zwierząt można również uzyskać przez zastosowanie dodatków witamin, przeciwutleniaczy, ekstraktów roślinnych, mikroelementów (np. Se), czy wybranych aminokwasów (np. Met) (Lebret i wsp., 2018; Zhang i wsp., 2019).

W kontekście poprawy wydajności zwierząt, główne działania ukierunkowane są na obniżenie zużycia paszy (poprawę efektywności wykorzystania paszy), z uwagi na dominujący udział tej składowej (50-85%) w całkowitych kosztach produkcji zwierzęcej (Pond i wsp., 1991; Spring, 2013). W zakresie wydajności zużycia paszy, standardowym miernikiem wykorzystywanym w żywieniu trzody chlewnej i drobiu jest współczynnik konwersji paszy (FCR). Oznacza on proporcję ilości (g lub kg) wykorzystanej paszy na jednostkę przyrostu masy ciała zwierzęcia (np. 1 kg). W wyniku postępu hodowlanego oraz odpowiednio wdrożonych nowoczesnych systemów żywienia zwierząt, wartość tego parametru ulega korzystnej poprawie. Przykładem jest skumulowany współczynnik FCR kurcząt brojlerów, który na przestrzeni lat 1957 – 2005 obniżył się z około 2,88 kg do wartości około 1,67 kg w 42. dniu życia, przy średnim dziennym przyroście w tym okresie wyższym nawet o 480% (Zuidhof i wsp., 2014). Z danych dotyczących świń rasy wielkiej białej (large white, LW) za lata 1990-2008 wynika, że zmienność całkowitego FCR kształtowała się w zakresie od około 2,10 kg do około 2,34 kg (rok 2004), z tendencją spadkową obserwowaną po roku 2004 (Dube i wsp., 2011). Według danych INRA, parametr FCR świń LW oscylował w roku 1994 wokół 2,44-3,06 kg (Labroue i wsp., 1994). Rozbieżna selekcja genetyczna świń rasy LW pod kątem

wydajności zużycia paszy pozwoliła na rozdzielenie wartości FCR do poziomu około 2,85 kg dla linii wysokoefektywnej świń oraz do około 3,22 kg w przypadku linii niskoefektywnej (Chatelet i wsp., 2018).

U świń zapotrzebowanie na paszę określa się na podstawie masy metabolicznej ciała, średniego dziennego przyrostu (average daily gain – ADG) oraz proporcji masy tłuszczu grzbietowego (backfat – BF) do masy ciała świń (Onteru i wsp., 2013). Innym miernikiem efektywności wykorzystania paszy, stosowanym u zwierząt gospodarskich jest resztkowe spożycie paszy (residual feed intake – RFI). Definiuje się je jako różnicę pomiędzy aktualnym spożyciem paszy przez zwierzę, a wartością spożycia oczekiwaną według norm, ustalaną na podstawie wzrostu zwierząt oraz ich otluszczenia (Onteru i wsp., 2013). Osobniki spożywające więcej paszy od wartości przewidywanej posiadają wysoki współczynnik RFI (high RFI – HRFI) i są mniej wydajne, niż zwierzęta u których spożycie paszy było mniejsze od oczekiwanego (low RFI – LRFI). U przeżuwaczy, parametr ten odnosi się do ilości pobranej suchej masy (dry mater intake – DMI) (Ferronato i wsp., 2023).

Jako pozostałość (niewyjady), RFI jest niezależne od masy metabolicznej zwierzęcia oraz cech produkcyjnych. Wskaźnik RFI reprezentuje natomiast różnice w wydajności paszy widoczne jako jej zysk, powstały w wyniku zmian w zapotrzebowaniu zwierząt na energię w podstawowych procesach metabolicznych (Ferronato i wsp., 2023). Z uwagi na umiarkowaną odziedziczalność RFI (u świń w zakresie 0,18-0,41; u bydła w zakresie 0,26-0,54), parametr ten może stanowić dodatkowe kryterium selekcji w celu poprawy efektywności wykorzystania paszy, równoległe z selekcją pod kątem zwiększonego tempa przyrostu oraz niższego udziału BF (Onteru i wsp., 2013; Berry i Crowley, 2013; Ferronato i wsp., 2023). Przykładem zmian w wykorzystaniu energii u świń HRFI jest zwiększona produkcja ciepła, przy niezmienionym efekcie termogenicznym paszy (Barea i wsp., 2010), a także gromadzenie większych rezerw energii w postaci tłuszczu podskórnego (Lines i wsp., 2018).

Z uwagi na dominujący udział mitochondrium w bioenergetyce komórki, organellum to uznaje się za istotną determinantę fenotypowej ekspresji efektywności wykorzystania paszy, obok wpływu na procesy wzrostu zwierzęcia (Iqbal i wsp., 2005). Ścisłego związku funkcji tego organellum z efektywnością wykorzystania paszy, dostarczyły m.in. dane naukowe dotyczące zużycia tlenu uzyskane dla kurcząt, świń oraz przeżuwaczy (Iqbal i wsp., 2004/2005).

Obecnie nie są znane dokładne mechanizmy modulujące funkcje mitochondrium u zwierząt o różnej efektywności RFI. Wiodącym kierunkiem badań naukowych, celującym w szersze ujawnienie tych mechanizmów, jest ustalenie różnic w równowadze ekspresji białek tego

organellum, w tym zakres kontroli ekspresji białek łańcucha oddechowego przez genom mitochondrialny oraz jądrowy (Iqbal i wsp., 2004/2005). Różnice te mogą wpływać m.in. na wyższy metabolizm energii mitochondriów (Vincent i wsp., 2015) oraz wyższą produkcję RFT u niskoefektywnych świń (Grubbs i wsp., 2013), co sprzyja rozwojowi stresu oksydacyjnego.

Zgodnie z przyjętą hipotezą środowiska naukowego, dywersyfikacja w ekspresji białek mitochondrium u zwierząt niskoefektywnych skutkuje obniżeniem integralności (sprzężenia) kompleksów łańcucha oddechowego, co wywołuje zwiększony wyciek elektronów w obrębie poszczególnych modułów tego łańcucha oraz zwiększoną formację RFT *in situ*. Na skutek zintensyfikowanego działania RFT dochodzi do uszkodzeń jednostek kompleksu transportu elektronów oraz DNA w mitochondrium, co prowadzi do upośledzenia syntezy ATP oraz wystąpienia stresu oksydacyjnego (Iqbal i wsp., 2004/2005). Istnieje również pogląd, że zwiększona ekspresja białek mitochondrialnych może być mechanizmem kompensującym, ukierunkowanym na utrzymanie obniżającej się aktywności łańcucha transportu elektronów, poprzez zwiększenie syntezy nowych (Iqbal i wsp., 2004/2005). Istotny jest jednak fakt, że wszystkie procesy adaptacyjne wymagają przekierowania składników odżywczych, zużywanych kosztem zasobów przeznaczonych na inne procesy życiowe, w tym energii w postaci ATP, który jest syntetyzowany głównie przez mitochondria (Emmerzaal i wsp., 2020).

Mimo zwiększonej predyspozycji zwierząt HRFI do rozwoju stresu oksydacyjnego, w literaturze przedmiotu niewiele jest informacji dotyczących wpływu selekcji genetycznej pod kątem RFI na podatność zwierząt na czynniki środowiskowe, które mogą ten stres pogłębić. Dostępne opracowania wiążą jedynie dysfunkcje łańcucha oddechowego z zespołem nadciśnienia płucnego i wodobrzuszem u brojlerów (Cawthon i wsp., 2001; Tang i wsp., 2002), jednak bez odniesienia tych schorzeń do parametru RFI. Sygnalizowano natomiast zmniejszoną wrażliwość świń LRFI na zmienność środowiskową w warunkach inwentarskich (Gilbert i wsp., 2014) oraz niższą wrażliwość na stres indukowany iniekcją kortyzolu u wysokoefektywnych przeżuwaczy (Kelly i wsp., 2017). Biorąc pod uwagę wpływ selekcji zwierząt pod kątem wyższej efektywności wykorzystania paszy na funkcje mitochondriów, endogenną produkcję RFT oraz profile ekspresji genów zaangażowanych w odpowiedź komórkową na stres oksydacyjny (Chatelet i wsp., 2018), dobór zwierząt wysokoefektywnych powinien wpłynąć na poprawę statusu antyoksydacyjnego oraz mierniki antyoksydacyjne w obliczu wystąpienia czynników stresowych. Selekcja ta powinna zwiększyć wytrzymałość zwierząt również na warunki stresowe, przekładając się na poprawę wyników produkcyjnych oraz ich zdrowotność.

Obok możliwości selekcji genetycznej pod kątem parametru RFI, czynnikiem o znaczeniu kluczowym dla wydajności zwierząt oraz poprawy zdolności przeciwutleniającej jest odpowiednie podejście żywieniowe. W kontekście zwierząt gospodarskich, może ono obejmować pokrycie potrzeb żywieniowych i energetycznych, dostosowanych do danego gatunku oraz stanu fizjologicznego (np. wzrost, ciąża, laktacja), jak również wzbogacenie diety w substancje biologicznie aktywne, które mogą wykazywać dodatkowe działanie antyoksydacyjne.

Powszechną praktyką w przypadku produkcji drobiu jest stosowanie dodatku do diety tłuszczów, które mają na celu zapewnienie wymaganej ilości energii, jak również poprawę struktury paszy oraz jej smakowitości (Baião i Lara, 2005). Zastosowanie olejów bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) *n*-3 może być także użyteczną metodą modulacji profilu kwasów tłuszczowych w mięsie kurcząt, umożliwiając poprawę jego wartości odżywczej (Leskovec i wsp., 2019), co jest istotne dla konsumenta.

Mimo ewidentnych zalet stosowania olejów w żywieniu zwierząt, wysoka zawartość WNKT w tłuszczach roślinnych zwiększa ich wrażliwość na peroksydację. Wykazano, że produkty utleniania tłuszczów zaburzają integralność przewodu pokarmowego (zwiększona formacja RFT *in situ*), powodując aktywację czynników transkrypcyjnych wrażliwych na stres oksydacyjny w błonie śluzowej jelita cienkiego (Varady i wsp., 2011). Obecność utlenionych tłuszczów w diecie zwierząt jest także istotnym czynnikiem stresowym o podłożu żywieniowym, który prowadzi do: i) obniżenia efektywności wykorzystania paszy i wydajności wzrostu (Liu i wsp., 2014); ii) indukcji stresu oksydacyjnego; iii) zwiększenia utleniania lipidów i białek w obrębie tkanek (Zhang i wsp., 2011; Liang i wsp., 2015); iv) zwiększenia liczby upadków (Anjum i wsp., 2004); v) pogorszenia jakości i trwałości produktów pochodzenia zwierzęcego (Buckley i wsp., 1989; Zhang i wsp., 2011; Meineri i wsp., 2018).

Ponieważ proces peroksydacji występuje już na etapie przechowywania pasz zawierających dodatek WNKT (Sierżant i wsp., 2018a/c), szkodliwe i toksyczne produkty utleniania lipidów spożywane są przez zwierzęta wraz z paszą. Z tego względu w ostatnich dziesięcioleciach szeroko badano stosowanie dodatków fitogenicznych bogatych w przeciwutleniacze polifenolowe, w tym suszy i ekstraktów roślinnych czy olejków eterycznych. Jako antyoksydanty paszowe, które potencjalnie zapobiegają degradacji WNKT w paszach oraz w mięsie kurcząt brojlerów (Serra i wsp., 2021), związki polifenolowe mogą stanowić wartościową alternatywę dla substancji syntetycznych, takich jak na przykład butylowany hydroksytoluen czy tokoferole.

Przykładem wysokoaktywnego biologicznie związku polifenolowego występującego powszechnie w surowcach roślinnych jest kwercetyna (Nishimuro i wsp., 2015). Flawonol ten wykazuje silne właściwości przeciwutleniające (Sierżant i wsp., 2012), a także aktywność przeciwzapalną, immunomodulacyjną, przeciwnowotworową oraz przeciwdrobnoustrojową (González-Gallego i wsp., 2010; Kumazawa i wsp., 2006; Ulusoy i wsp., 2020; Wang i wsp., 2018). Z uwagi na wysokie właściwości antyoksydacyjne kwercetyny (Sierżant i wsp., 2012), w ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania wykorzystaniem tego związku także w żywieniu zwierząt gospodarskich, ze szczególnym uwzględnieniem drobiu (Saeed i wsp., 2017). Główne kierunki badań związane z użyciem tego flawonoidu obejmują możliwość poprawy wyników produkcyjnych oraz jakości produktów uzyskanych od drobiu (mięso, jaja) (Jang i wsp., 2010; Liu i wsp., 2013; Fellenberg i wsp., 2006), jak również zastosowanie go w roli substytutu dla antybiotyków paszowych (Sierżant, 2019a; Wang i wsp., 2018).

Dokonując przeglądu danych literatury prezentujących wyniki zastosowania kwercetyny w żywieniu drobiu można zauważyć, że nie dają one jednoznacznej informacji na temat pozytywnego lub negatywnego wpływu tego flawonolu na wydajność tych zwierząt (Goliomytis i wsp., 2014; Abdel-Latif i wsp., 2021; Liu i wsp., 2013). W niektórych pracach wykazano natomiast korzystne działanie kwercetyny jako modulatora mechanizmów immunologicznych u kurcząt (Zhang i Kim, 2020), lub jako dodatku poprawiającego status antyoksydacyjny wątroby w przypadku podawania brojlerom diety zawierającej utlenione tłuszcze (Dong i wsp., 2020).

Wyszczególnienia wymaga, że w literaturze przedmiotu brak jest kryteriów doboru ilości dodatków zawierających związki polifenolowe w żywieniu zwierząt, co w przypadku kwercetyny skutkuje jej aplikacją do diety drobiu w zakresie od kilkudziesięciu/kilkuset miligramów do nawet około 5,6-6 g/kg mieszanki (Rupasinghe i wsp., 2010). Biorąc pod uwagę ten fakt można przypuszczać, że tak znaczny rozrzut ilości stosowanej kwercetyny (lub innych związków polifenolowych) może przyczyniać się do niespójności wyników wydajności, uzyskanych z różnych badań żywieniowych. Ponadto, związki polifenolowe w specyficznych warunkach (wysokie stężenia jonów metali przejściowych, zasadowe pH, czy obecność tlenu) mogą wykazywać działanie prooksydacyjne (Eghbaliferiz i Iranshahi, 2016). Zwiększenie utleniania lipidów po aplikacji ekstraktów roślinnych do mieszanek pełnoporcjowych (taniny kasztanowca i sorgo, ekstrakty: z pestek winogron, z zielonej herbaty i czarnej porzeczki) obserwowano w przypadku lipidów pasz (Sierżant, 2018a/c) i mięsa (Du i wsp., 2002; Liu i wsp., 2009; Sierżant i wsp., 2018b).

4.3.2. Cele naukowe oraz omówienie wyników badań

Nadrzędnym celem naukowym osiągnięcia, będącego podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk rolniczych w dyscyplinie Zootechnika i rybactwo, jest: **określenie zmian w wybranych parametrach antyoksydacyjnych oraz produkcyjnych, w wyniku zastosowania selekcji genetycznej pod kątem RFI u świń oraz przez zoptymalizowanie dodatku kwercetyny do diet kurcząt brojlerów. Główny cel badawczy osiągnięto poprzez realizację następujących celów szczegółowych:**

Cel szczegółowy 1: określenie wpływu selekcji genetycznej pod kątem resztkowego spożycia paszy na efektywność mechanizmów obrony antyoksydacyjnej oraz wzrost świń poddanych działaniu prawidłowych i nieprawidłowych warunków higienicznych chowu [PC1].

Cel szczegółowy 2: wykorzystanie procedury TBARS [PC1] do zoptymalizowania efektywnego dodatku kwercetyny w mieszankach dla kurcząt brojlerów i uzyskania inhibicji peroksydacji lipidów pasz na poziomie około 50% [PC2].

Cel szczegółowy 3: określenie wpływu zoptymalizowanej ilości kwercetyny, dostosowanej do utleniałości olejów użytych w dietach kurcząt brojlerów (olej rzepakowy, olej lniany) na profil kwasów tłuszczowych oraz stabilność oksydacyjną mięsa drobiowego [PC2].

Cel szczegółowy 4: ocenę wpływu zastosowanych olejów oraz zoptymalizowanej kwercetyny na wskaźniki produkcyjne oraz mechanizmy obrony antyoksydacyjnej kurcząt brojlerów [PC3].

Cel szczegółowy 5: porównanie wyników prac [PC1] oraz [PC3], ukierunkowane na: i) lepszą interpretację zmian w statusie antyoksydacyjnym u kurcząt brojlerów; ii) wytypowanie tkanek o najwyższej wrażliwości na zmiany parametrów antyoksydacyjnych; iii) wskazania metod o najwyższej użyteczności w ocenie mierników antyoksydacyjnych u świń oraz kurcząt brojlerów.

Nowością pracy [PC1] jest wypełnienie luki tematycznej związanej z wpływem rozbieżnej selekcji genetycznej pod kątem resztkowego spożycia paszy na mechanizmy obrony antyoksydacyjnej świń poddanych działaniu stresu sanitarnego. Wyniki przedstawione w omawianym osiągnięciu dostarczyły unikatowych informacji na temat zależności parametru RFI, a efektywnością antyoksydacyjną organizmu świń w warunkach stresowych. Poszerzyły one również wiedzę z zakresu fizjologicznych aspektów selekcji hodowlanej zwierząt pod kątem wydajności wykorzystania paszy.

Pierwszy eksperyment cyklu został przeprowadzony we współpracy z Zespołem badawczym „Croissance” („Wzrost”, Kierownik Zespołu: dr Florence Gondret), w centrum badawczym UMR PEGASE, INRA (Saint-Gilles, Francja).

Przyjęta hipoteza badawcza zakładała, że różnice w efektywności antyoksydacyjnej oraz w radzeniu sobie ze stanem zapalnym mogą wynikać z różnic związanych z linią genetyczną świń, selekcyjonowanych pod kątem wysokiego, bądź niskiego RFI.

Eksperyment wykonano na 72. świnich rasy wielkiej białej (w wieku 12. tygodni), uzyskanych z 8-pokoleniowej rozbieżnej selekcji pod kątem RFI (9. pokolenie), według układu:

- „Low RFI good” (LRFI_G) – świnie wysokoefektywne (10 ♂, 10 ♀), utrzymywane w dobrych warunkach higienicznych przez cały okres doświadczenia;
- „Low RFI poor” (LRFI_P) – świnie wysokoefektywne (10 ♂, 10 ♀), utrzymywane w złych warunkach higienicznych przez okres 6. tygodni.
- „High RFI good” (HRFI_G) – świnie niskoefektywne (8 ♂, 8 ♀), utrzymywane w dobrych warunkach higienicznych przez cały okres doświadczenia;
- „High RFI poor” (HRFI_P) – świnie niskoefektywne (8 ♂, 8 ♀), utrzymywane w złych warunkach higienicznych przez okres 6. tygodni.

W celu lepszego zrozumienia reakcji mechanizmów obrony antyoksydacyjnej na stres sanitarny oraz wpływu rozbieżnej selekcji genetycznej pod kątem RFI na zdolności adaptacyjne badanych świń, eksperyment podzielono na dwa okresy, tj.: i) „okres 1.” – okres „wyzwania sanitarnego”, trwający 6 tygodni (od W0 do W6); ii) „okres 2.” – okres regeneracji, trwający od W6 do W12 (W13-14 – zakończenie eksperymentu), po którym określono długoterminowe skutki złych warunków higienicznych oraz zakres kompensacji wzrostu u świń poddanych wyzванию sanitarnemu. Po każdym z tych okresów przeprowadzono uśmiercenie połowy zwierząt, w celu pobrania tkanek (m.in. krew, mięsień *Longissimus lumborum*, LL; tkanka tłuszczowa okołonerkowa, PRAT, wątroba), w których wykonano oznaczenia statusu redoks.

W etapie biochemicznym eksperymentu wykonano prace modyfikacyjne oraz wdrożeniowe metod. Uwzględniały one: i) poprawę powtarzalności wyników aktywność CAT w tkance tłuszczowej; ii) korektę w protokole oznaczania poziomu GSSG w wątrobie świń (eliminacja fałszywie pozytywnej reakcji, niewystępującej w tkance tłuszczowej oraz mięśniowej); iii) zmianę dotychczas używanego antykoagulantu osocza krwi na heparynę, z uwagi na fałszywie pozytywną reakcję EDTA z wolnym rodnikiem DPPH; po licznych testach odbiałczania prób, wdrożenie wariantu procedury DPPH opisanej przez Janaszewską i Bartosza (2002) (dla zbuforowania oraz zabezpieczenia prób przed denaturacją białka) oraz dostosowanie tej procedury do wykonania z użyciem mikroplątek; iv) usprawnienie procedury ABTS, którą dostosowano pod kątem uniwersalności zastosowanego wariantu krzywej Troloxu dla

protokołów DPPH oraz FRAP w osoczu). Z uwagi na obszerność uzyskanych danych, część wyników analiz nie została włączona do publikacji [PC1].

Rezultaty krótkoterminowe stresu sanitarnego (W6, koniec okresu 1.) ujawniły wyższą masę ciała świń LRFI ($P_L < 0,001$) względem osobników niskoefektywnych (HRFI), przy czym złe warunki higieniczne ($P_H = 0,006$) w zauważalnie mniejszym stopniu obniżyły przyrosty masy ciała u świń LRFI (BW niższe o około 3,5 kg), niż u świń HRFI (BW niższe o około 7,5 kg). Różnica w BW świń ze skrajnych grup LRFI_G (62,5 kg) oraz HRFI_P (48,1 kg) wyniosła 14,4 kg.

Deficyty przyrostów świń ($P_H = 0,002$) utrzymały się w okresie 2. (W12, „regeneracja”), z tendencją ($P_L = 0,06$) do niższej wrażliwości świń LRFI na skutki stresu sanitarnego. Różnica w masie ciała pomiędzy grupami skrajnymi LRFI_G (102,4 kg) i HRFI_P (81,1 kg) pod koniec okresu 2. wyniosła 21,3 kg.

W momencie zakończenia eksperymentu (W13-14) różnica w końcowej masie ciała świń między grupami skrajnymi LRFI_G i HRFI_P wyniosła 20,9 kg. Osobniki LRFI i HRFI poddane stresowi sanitarnemu miały BW niższą, odpowiednio o 10,8 kg i 20,1 kg ($P_H < 0,001$). Otrzymany rezultat wskazał ($P_L = 0,10$) na wyższą wytrzymałość świń wysokoefektywnych na warunki stresowe. Końcowe masy ciała wysoko- i niskoefektywnych świń utrzymywanych w dobrych warunkach sanitarnych były porównywalne (LRFI_G = 111 kg; HRFI_G = 110,2 kg).

Wyniki przeprowadzonych badań wskazały, że w przeciwieństwie do tkanek wątroby oraz mięśnia LL, najwyższym zakresem zmian w odpowiedzi antyoksydacyjnej na złe warunki higieniczne cechowała się tkanka tłuszczowa okołonerkowa (PRAT) świń. W tkance PRAT stwierdzono: i) tendencję do zwiększenia aktywności SOD ($P_H = 0,06$), połączoną z istotnym wzrostem aktywności CAT i GRx; ii) intensyfikację procesów związanych z wykorzystaniem energii, o czym świadczyła wyższa aktywność enzymów mitochondrialnych (LDH, CS) ($P_H = 0,07$; $P_H = 0,04$) oraz zwiększona produkcja RFT przez adipocyty PRAT z grupy skrajnej HRFI_P świń ($P_{LxH} < 0,01$). Na skutek zwiększonego stresu oksydacyjnego, w grupie HRFI_P nastąpił zanik wrażliwości adipocytów PRAT na działanie stymulantów prozapalnych (LPS, TNF-alfa). Stwierdzono przy tym istotny spadek proporcji masy PRAT do masy ciała świń, z tendencją do obniżenia ($P_H = 0,08$) zawartości lipidów w tej tkance. W wyniku działania złych warunków higienicznych, nastąpiło przełamanie „globalnej obrony antyoksydacyjnej” (statusu antyoksydacyjnego) organizmu u obu linii genetycznych świń, widoczne jako spadek zdolności do redukcji jonów żelaza w osoczu (FRAP; $P_H = 0,002$) oraz zwiększenie poziomu metabolitów reaktywnych form tlenu (dROM; $P_H = 0,001$). Wyniki przeprowadzonych badań wskazały na wyższą wytrzymałość osobników wysokoefektywnych, u których względem linii HRFI

stwierdzono istotnie niższą aktywność CAT i GRx w PRAT, a także niższą koncentrację dROM ($P_{LxH} = 0,008$).

Ocena mierników antyoksydacyjnych tkanek świń po okresie regeneracji (W13-14) ujawniła długoterminowe skutki nieprawidłowych warunków higienicznych. U świń poddanych działaniu warunków stresowych stwierdzono: i) utrzymanie podwyższonej aktywności SOD i GRx w PRAT ($P_H < 0,05$); ii) zwiększenie utlenialności PRAT ($P_H < 0,01$) przy obniżonym udziale tłuszczu w tej tkance; iii) aktywację enzymów antyoksydacyjnych wątroby (SOD, GRx, $P_H = 0,09$ oraz $P_H = 0,007$) oraz zwiększenie ($P_H = 0,04$) proporcji masy tej tkanki w masie ciała świń. Wyniki przeprowadzonych badań dowiodły, że długoterminowe skutki stresu sanitarnego w większym stopniu dotknęły świnię niskoefektywne, o czym świadczyła zwiększona aktywność SOD ($P_L = 0,004$) i GRx (trend $P_L = 0,07$) w PRAT, wyższa utlenialność tej tkanki ($P_L < 0,05$), podwyższona aktywność wątrobowej SOD (trend $P_L = 0,09$) i CAT ($P_L = 0,007$) oraz zwiększenie proporcji masy wątroby. Podkreślenia wymaga różny kierunek zmian w aktywności SOD wątroby świń poddanych „wyzwaniu sanitarnemu” ($P_{LxH} = 0,05$), tj.: spadek wartości SOD w grupie LRFI_P oraz jej wzrost w grupie HRFI_P. Rezultat ten sugerował szybszą postresową regenerację organizmu u świń wysokoefektywnych, natomiast u świń niskoefektywnych mógł on sygnalizować zwiększone zaangażowanie wątroby w proces detoksykacji organizmu, czy zmiany w metabolizmie białek.

Wyniki pracy [PC1] dowiodły, że złe warunki higieniczne stanowiły źródło stanu zapalnego oraz stresu oksydacyjnego, co prowadziło do drastycznego pogorszenia przyrostów masy ciała świń. Osobniki selekcyonowane rozbieżnie pod kątem wyższej efektywności wykorzystania paszy były mniej podatne na stres oksydacyjny, a także wykazywały niższe zaburzenia wzrostu oraz wyższą zdolność adaptacyjną na zastosowane warunki stresowe.

Nowością zaprezentowaną w pracach cyklu [PC2] oraz [PC3] jest próba optymalizacji dodatku naturalnego przeciwutleniacza do mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt brojlerów, wykonana w oparciu o procedurę TBARS zastosowaną w pracy [PC1]. Z literatury przedmiotu wynika, że tego typu badania nie były dotychczas przeprowadzone. Autorzy innych prac stosowali jedynie różne poziomy dodatków zawierających substancje polifenolowe, dobierając ich udział w dietach zwierząt najczęściej w sposób liniowy, jednak bez podawania kryterium doboru zastosowanych koncentracji. Ponadto, szeroki zakres stosowanych koncentracji dodatków zawierających związki polifenolowe w żywieniu kurcząt w konfrontacji z różnymi warunkami prowadzonych eksperymentów, skutkowało uzyskaniem niejednoznacznych wyników dotyczących wydajności ptaków, pogorszeniem wydajności

kurcząt brojlerów (Goliomytis i wsp., 2014; Abdel-Latif i wsp., 2021; Liu i wsp., 2013; Sierżant i wsp., 2019a), a nawet obniżeniem stabilności oksydacyjnej lipidów mięsa drobiowego (Du i wsp., 2022). W ostatnich latach nastąpiła intensyfikacja badań nad zwiększeniem udziału kwasów tłuszczowych $n-3$ w produktach pochodzenia zwierzęcego, przy użyciu pasz wzbogaconych w oleje zawierające te kwasy. Ta praktyczna łatwość zmiany w profilu lipidów mięsa drobiowego jest jednak ograniczona wysoką wrażliwością WNKT $n-3$ na peroksydację, która zachodzi już na etapie przechowywania pasz (Sierżant i wsp., 2017/2018a/c), a także znacząco obniża stabilność oksydacyjną mięsa (Mooney i wsp., 1998). Biorąc pod uwagę ten fakt, odpowiednia optymalizacja ilości dodatków polifenolowych w oparciu o ich zdolność do inhibicji peroksydacji lipidów pasz, mogłaby być pomocna w ocenie wpływu tak dobranych koncentracji antyoksydantów w kontekście utlenialności lipidów mięsa.

Przed rozpoczęciem badań dokonano zgłębienia tematu badawczego, czego efektem jest rozdział monografii konferencyjnej (Sierżant, 2018a). Praca [RM3] przedstawia metody, zalety oraz wady zwiększania udziału kwasów tłuszczowych $n-3$ w produktach pochodzenia zwierzęcego. Zwraca ona również uwagę na potencjalne właściwości prooksydacyjne substancji polifenolowych, mogących zwiększać peroksydację lipidów mięśni w przypadku nieprawidłowo dobranej ich ilości w diecie zwierząt oraz w paszach. Rozdział monografii [RM3] został umieszczony w Załączniku nr 5.

Pierwsza próba optymalizacji dodatków zawierających związki polifenolowe w paszach została wykonana w oparciu o wyniki testów syntetycznych, bazujących na wolnym rodniku DPPH oraz zdolności do redukcji jonów żelaza (FRAP). W doświadczeniu pilotażowym wykonano standaryzację ilości dodatku ekstraktów zielonej herbaty, pestek winogron oraz kwercetyny, przeliczając ich ilość na ekwiwalent identycznej zdolności antyoksydacyjnej Troloxu (TEAC), dodaną do mieszanek paszowych zawierających olej rzepakowy (Sierżant i wsp., 2017). Wyniki przeprowadzonych badań nie potwierdziły oczekiwanego ujednoczenia ochrony antyoksydacyjnej testowanych mieszanek, co wyłoniło dalsze zagadnienia badawcze, dotyczące: i) sposobu skutecznego optymalizowania substancji polifenolowych, w celu ochrony antyoksydacyjnej w mieszankach paszowych zawierających zwiększoną zawartość kwasów $n-3$; ii) możliwości zastosowania takiej standaryzacji do uzyskania mięsa drobiowego o zwiększonym udziale kwasów $n-3$, jednak bez istotnej zmiany stabilności lipidów tego mięsa; iii) wpływu dodatku zoptymalizowanego przeciwutleniacza również na wyniki produkcyjne oraz status antyoksydacyjny tkanek kurcząt.

Z uwagi na brak przełożenia wyników testów syntetycznych (DPPH, FRAP) na rzeczywistą skuteczność przeciwutleniającą testowanych dodatków polifenolowych w paszach, w roli

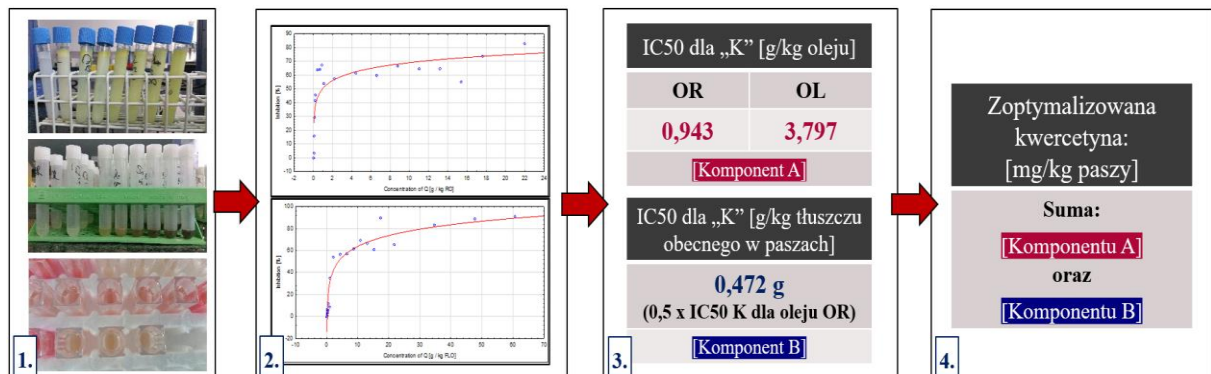
kryterium doboru efektywnej ilości naturalnego antyoksydantu do mieszanek paszowych zastosowano parametr IC50, ustalany w procesie wymuszonej chemicznie peroksydacji (Konbrust i Mavis, 1989) emulsji olejowych. Wybór środowiska lipidowego do optymalizacji dodatku przeciwutleniacza jest uzasadnione tym, że stanowi ono model badawczy najbardziej zbliżony do warunków rzeczywistych, ponieważ: i) zamiast oceny pojedynczych mechanizmów determinujących właściwości przeciwutleniające (DPPH, FRAP, ABTS, przydatne we wstępnej selekcji dodatków przeciwutleniających), środowisko lipidowe testuje całościowo aktywność antyoksydacyjną badanych substancji; jest ono również substratem, który docelowo ma być chroniony; ii) umożliwia przetestowanie skuteczności ochrony antyoksydacyjnej badanych substancji w procesie przyspieszonej peroksydacji, co pozwala na lepszą interpretację wyników w kontekście testów przechowalniczych, umożliwiając szybsze wykrycie momentu terminacji peroksydacji (Sierżant i wsp., 2018a/c).

Do przeprowadzenia optymalizacji dodatku przeciwutleniacza aplikowanego do mieszanek dla kurcząt wykorzystano kwercetynę. Decyzję o wyborze tej substancji oparto na wynikach badań własnych (Sierżant i wsp., 2012; [P1]), w których dowiedziono, że ponadprzeciętna aktywność antyoksydacyjna tego flawonolu w procesie peroksydacji nie jest możliwa do wykrycia w oparciu o wyniki aktywności przeciwrodnikowej, z uwagi na dodatkowe interakcje fizyczne kwercetyny w obrębie dyspersji lipidowych. Powyższe spostrzeżenie potwierdziły wyniki testów przechowalniczych pasz (Sierżant i wsp., 2017).

Sformułowano zatem hipotezę badawczą, w ramach której aplikacja kwercetyny w ilości zoptymalizowanej do utlenialności olejów użytych w dietach kurcząt brojlerów powinna zapewnić oczekiwany poziom ochrony lipidów w paszach. Założono, że ograniczenie ilości produktów utleniania tłuszczów spożytych wraz z paszą powinno przełożyć się na formację MDA w mięsie kurcząt podczas jego przechowywania [PC2]. W pracy [PC3] oceniono zmiany w parametrach wydajności kurcząt oraz wskaźników antyoksydacyjnych tkanek. Uzyskane dane porównano z wynikami zawartymi w pracy [PC1]. Umożliwiło to lepsze zrozumienie wpływu zastosowania niechronionego antyoksydacyjnie, świeżego oleju lnianego na status antyoksydacyjny kurcząt oraz dało pełniejszy obraz właściwości antyoksydacyjnych zoptymalizowanej kwercetyny *in vivo*.

Optymalne stężenie kwercetyny aplikowanej do mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt oszacowano indywidualnie dla każdego z użytych olejów (olej rzepakowy – OR; olej lniany – OL), a także w oparciu o zawartość tłuszczu surowego w użytych materiałach paszowych (śruta pszenna i kukurydziana, poekstrakcyjna śruta sojowa). Uproszczony, 4-etapowy schemat procesu optymalizacji (**Rysunek 1**), uwzględniał:

1. Poddanie 2% emulsji olejowych OR oraz OL wymuszonej peroksydacji w układzie kwas askorbinowy : żelazo (120 min., 37 °C), wg procedury opisanej przez Kornbrust i Mavis (1980).
2. Obliczenie wartości IC50 kwercetyny dla olejów OR (**0,943 g/kg oleju**) oraz OL (**3,797 g/kg oleju**), które stanowiły tzw. „**Komponent A**” zoptymalizowanego przeciwutleniacza, aplikowanego na każdy 1 kg oleju dodanego do mieszanek paszowych.
3. Obliczenie ilości kwercetyny dodawanej do diet kurcząt w roli dodatkowego buforu antyoksydacyjnego, na podstawie zawartości tłuszczu obecnego w materiałach paszowych. W tym etapie przyjęto połowę wartości IC50 kwercetyny uzyskanej dla oleju rzepakowego, którą aplikowano do wszystkich mieszanek zawierających zoptymalizowaną kwercetynę (**0,472 g/kg tłuszczu** w materiałach paszowych). Uzyskana wartość stanowiła tzw. „**Komponent B**” zoptymalizowanego przeciwutleniacza.
4. Obliczenie docelowej ilość dodanej kwercetyny, którą ustalono na podstawie receptur mieszanek paszowych. **Zoptymalizowana koncentracja kwercetyny stanowiła sumę „Komponentu A” oraz „Komponentu B”**.



Rysunek 1. Uproszczony schemat optymalizacji dodatku kwercetyny do mieszanek dla kurcząt

W dalszej części badań przeprowadzono 35-dniowy eksperyment żywieniowy w układzie dwuczynnikowym (czynnik oleju [O], kwercetyny [K] oraz ich interakcja [O x K]). Eksperyment wykonano na 96. jednodniowych kogutkach Ross 308, według układu:

- OR lub OL: grupy kurcząt otrzymujące izoenergetyczne i izobiałkowe diety starter, grower i finisz, zawierające olej rzepakowy (OR) lub lniany (OL), bez dodatku zoptymalizowanej kwercetyny (K);
- OR_K i OL_K: grupy kurcząt otrzymujących te same diety starter, grower i finisz z olejami OR lub OL, wzbogacone dodatkiem zoptymalizowanej K.

W badaniu oceniono wpływ zastosowanych czynników doświadczalnych na: i) profil kwasów tłuszczowych w mięśniu piersiowym oraz mięśniach uda kurcząt; ii) stabilność

oksydacyjną mięsa oraz mieszanek paszowych; iii) podstawowe wyniki produkcyjne (pobranie paszy, masę ciała oraz przyrosty kurcząt; współczynnik konwersji paszy); iv) parametry antyoksydacyjne krwi (FRAP, ABTS, DPPH, TAS, GPx), mięśnia piersiowego (MDA, SOD, CAT) oraz wątroby kurcząt (MDA, SOD, CAT).

Z uwagi na około 40- i 100-krotnie wyższą utlenialność kwasu linolowego (C18:2, *n*-6, LA) oraz α -linolenowego (C18:3, *n*-3, ALA) od kwasu oleinowego (C18:1, *n*-9) (Arranz i wsp., 2008) prezentacja wyników omawianej pracy [PC2] została zawężona wyłącznie do tych kwasów tłuszczowych. Mieszanki starter, grower i finisz z olejem lnianym zawierały około 2,31 do 2,34-krotnie mniej kwasu C18:1, porównywalną zawartość kwasu C18:2, oraz od 7,89- do 8,42-krotnie wyższą zawartość kwasu C18:3, niż mieszanki zawierające olej rzepakowy. Proporcja kwasów *n*-6 do *n*-3 w mieszankach paszowych z olejem OL obniżyła się od około 7,8 do 8,38-krotnie. Zmiany w proporcjach kwasów C18:1 i C18:3 miały kluczowe znaczenie dla utlenialności pasz w trakcie eksperymentu żywieniowego. Stwierdzono dodatnią korelację ilości MDA oznaczonych w paszach z zawartością kwasu C18:3 ($r = 0,60$; $P < 0,05$), ujemną korelację z zawartością kwasu C18:1 ($r = -0,80$; $P < 0,05$) oraz ujemną korelację poziomu MDA z proporcją kwasów *n*-6/*n*-3 ($r = 0,599$; $P < 0,05$).

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji uzyskano oczekiwany efekt ochronny wobec tłuszczów paszowych w okresie ich stosowania (Tabela 2). **Szczególnej uwagi wymagał jednak przebieg inhibicji peroksydacji w paszach zawierających zoptymalizowaną kwercetynę. Stwierdzono: i) niższe niż oczekiwane inhibicje peroksydacji pasz OR_K w świeżo przygotowanych mieszankach (tydzień/dzień „0”); ii) wyższe niż oczekiwane początkowe wartości inhibicji peroksydacji w dietach OL_K (tydzień/dzień „0”); iii) opóźnione uzyskanie wartości inhibicji peroksydacji na poziomie zbliżonym do oczekiwanych 50% oraz odwróconą sekwencją ochrony lipidów pasz.**

Analiza danych literatury (Cortinas i wsp., 2005; Arranz i wsp., 2008; Siger i wsp., 2008; Herchi i wsp., 2011; Huang i wsp., 2018) ujawniła możliwe przyczyny obserwowanych rozbieżności w utlenialności pasz oraz w efekcie ochronnym wykazywanym przez zoptymalizowaną kwercetynę. Mogły one wynikać z: i) wysokiej zawartości kwasu C18:1 w dietach OR i OR_K – który przy niskim udziale kwasu C18:3 utrudniał inicjację peroksydacji, skutkując pozornie niskim stopniem ochrony pasz OR_K przez zoptymalizowaną kwercetynę (opóźnienie efektu ochrony); ii) niższej zawartości kwasu C18:1 oraz wielokrotnie wyższej proporcji kwasu C18:3 w mieszankach OL i OL_K – co stymulowało szybki rozwój peroksydacji, umożliwiając zoptymalizowanej kwercetynie wyższy niż planowany stopień ochrony w świeżo wykonanych paszach oraz skutkowało odwróconą sekwencją ochrony

lipidów pasz; iii) obecności w mieszankach OR_K i OL_K „Komponentu B”, który mógł przyczynić się do wyższej efektywności antyoksydacyjnej zoptymalizowanej kwercetyny; iv) obecności w dietach premiksów mineralno-witaminowych, które obok witamin o działaniu antyoksydacyjnym (witaminy A i E), zawierały antyoksydanty syntetyczne (butylowany hydroksytoluen, galusan propylu) oraz Proviox, które mogły wykazywać działanie synergistyczne oraz maskować prognozowane działanie ochronne zoptymalizowanej kwercetyny.

Tabela 2. Oczekiwane oraz stwierdzone hamowanie peroksydacji lipidów w mieszankach paszowych zawierających zoptymalizowane stężenie kwercetyny **[PC2]**

Tydzień	Oczekiwa na inhibicja [%]	Oznaczona inhibicja procesu peroksydacji [%]					
		Diety OR_K			Diety OL_K		
		Starter	Grower	Finiszer	Starter	Grower	Finiszer
0	50	15.5*	23.6*	21.8*	67.9*	63.8*	37.5*
1	50	32.4	56.4	20.5	75.9	50.7	69.6
2	50	20.9	28.3	N.D.	51.2	59.9	N.D.
3	50	59.7	12.3	N.D.	36.0	56.2	N.D.
4	50	35.5	N.D.	N.D.	45.5	N.D.	N.D.
5	50	15.5	N.D.	N.D.	67.9	N.D.	N.D.

Objaśnienia: OR_K: diety zawierające olej rzepakowy oraz zoptymalizowaną kwercetynę; OL_K: diety zawierające olej lniany oraz zoptymalizowaną K; N.D.: wartości niedostępne z uwagi na zakończenie eksperymentu. **Wartości pogrubione*** oznaczają inhibicję mierzoną po przygotowaniu świeżej paszy (dzień/tydzień „0”, oznaczający start okresu żywieniowego starter, grower lub finiszer). **Wartości pogrubione z kursywą** przedstawiają wartości zbliżone do oczekiwanego poziomu ochrony przed peroksydacją (tj. 50%).

Podobnie jak w mieszankach paszowych, zastosowanie oleju lnianego zmniejszyło ($P_0 < 0,001$; $r = 0,645$ przy $P < 0,05$) ilość kwasu C18:1 w mięśniach piersiowych, zwiększyło w nich zawartość kwasu C18:3 ($P_0 < 0,001$), natomiast nie zmieniło udziału kwasu C18:2 ($P_0 = 0,386$). Obserwowano tendencję ($P_0 = 0,07$) do obniżenia proporcji kwasów $n-6/n-3$ w mięśni piersiowym kurcząt żywionych dietami OL i OK_K. W przypadku mięśni uda kurcząt żywionych dietami OL i OL_K, uzyskano obniżenie ilość kwasów C18:1 ($P_0 < 0,001$; $r = 0,5$ dla $P < 0,05$) oraz C18:2 ($P_0 < 0,05$) oraz zwiększenie udziału kwasu C18:3 ($P < 0,03$, $r = 0,54$ dla $P < 0,05$). Pomimo korelacji z proporcją kwasów $n-6/n-3$ w paszach (0,492 dla $P < 0,05$), nie dowiedziono istotnego wpływu oleju lnianego na zmianę stosunku tych kwasów w mięśniach uda kurcząt. Rezultat ten wynikał z podwyższenia stosunku kwasów $n-6/n-3$, indukowanego przez zoptymalizowaną kwercetynę ($P_K < 0,01$). Podobnie jak w mięśni piersiowym, zoptymalizowana kwercetyna podwyższała ($P_K < 0,02$) udział kwasu C18:1 w lipidach mięśni uda kurcząt żywionych dietami OR_K i OL_K.

Potencjalne mechanizmy działania kwercetyny, które mogły wpłynąć na obserwowane zmiany w kwasach tłuszczowych mięśni kurcząt, ujęto w części poświęconej dyskusji w publikacji [PC2]. Uwzględniały one m.in. i) możliwość hamowania przez kwercetynę przemian kwasów $n-6$ i $n-3$, przy zwiększeniu syntezy kwasów $n-9$ (Regulska-Iłow i Iłow, 2008), co jest zgodne z obserwowanym w obecnym badaniu wzrostem proporcji kwasu C18:1 w mięśniach kurcząt brojlerów; ii) potencjalną aktywność antyoksydacyjną kwercetyny wykazywaną podczas procesu wchłaniania kwasów tłuszczowych w postaci miceli, z uwagi na zdolność tego flawonolu do wnikania w głąb struktur lipidowych (Sierżant i wsp., 2012), co może sprzyjać ich ochronie antyoksydacyjnej podczas depozycji w tkankach.

Najważniejszym wynikiem publikacji [PC2] było udowodnienie możliwości uzyskania mięsa drobiowego o podwyższonym udziale kwasów $n-3$, jednak bez zmiany stabilności oksydacyjnej lipidów mięsa. Aplikacja do diety kurcząt zoptymalizowanej kwercetyny skutkowała obniżeniem peroksydacji lipidów ($P_K < 0,01$) w mięśniach piersiowych i mięśniach uda kurcząt chłodzonych przez 7 dni, co potwierdzono niezależnie od rodzaju zastosowanego oleju w mieszankach paszowych. Stwierdzono również związek, pomiędzy: i) obniżeniem proporcji kwasu C18:1, a zwiększeniem koncentracji MDA w mięśniu piersiowym ($r = -0,314$, dla $P < 0,05$) i mięśniach uda ($r = 0,406$, dla $P < 0,05$); ii) pomiędzy proporcją kwasu C18:3 i koncentracją MDA w mięśniach uda ($r = 0,362$ i $0,550$, dla $P < 0,05$); iii) pomiędzy poziomem MDA w paszy i w mięśniach uda kurcząt ($r = 0,442$ dla 24 h; $r = 0,750$ dla 7 d.; $P < 0,05$).

Uzyskane wyniki dowiodły, że aplikacja zoptymalizowanej kwercetyny do diety wzbogaconej w skoncentrowane źródło kwasów $n-3$ (olej lniany z ponad 50% udziałem kwasu C18:3) umożliwiła zwiększenie depozycji kwasów $n-3$ w mięsie kurcząt, bez negatywnego wpływu na stabilność oksydacyjną mięsa. Dzięki procesowi optymalizacji naturalnego flawonolu, uzyskano również skuteczną ochronę lipidów pasz w okresie ich stosowania oraz ograniczenie podaży w diecie kurcząt produktów utleniania lipidów.

W ostatniej omawianej pracy [PC3] oceniono wpływ oleju lnianego oraz zoptymalizowanej kwercetyny na parametry produkcyjne oraz antyoksydacyjne tkanek kurcząt. Ważnym aspektem tej części badań było określenie właściwości antyoksydacyjnych zoptymalizowanego dodatku kwercetyny *in vivo* w organizmie kurcząt. W tym celu, w pracy [PC3] zastosowano zmodyfikowany protokół ABTS dla osocza krwi, a także wdrożony i dostosowany w jednostce UMR PEGASE protokół DPPH, poszerzony o oznaczenia wykonane w surowicy krwi kurcząt. W ramach badań, zastosowano procedury standardowych oznaczeń SOD i CAT, oraz TBARS, wykonane w mięśniu piersiowym oraz w wątrobie kurcząt.

Należy zauważyć, że istotnym utrudnieniem oceny działania antyoksydacyjnego związków polifenolowych *in vivo* jest fakt ujawniania się go głównie w warunkach stresowych (Choi i wsp., 2012; Dong i wsp., 2020). Z tego względu zbadanie wpływu zoptymalizowanej kwercetyny na parametry antyoksydacyjne tkanek kurcząt w przypadku ograniczenia podaży utlenionych tłuszczów w ich diecie, mogłoby by stanowić *novum* w rozumieniu interakcji dietetycznej tego flawonoidu wraz z olejami o różnej utlenialności.

W kontekście powyższego założono, że dobór optymalnego stężenia kwercetyny w oparciu o parametr IC50 peroksydacji lipidów pasz, stanowić będzie możliwie najlepsze kryterium oceny doboru ilości tej substancji w diecie kurcząt. Założenie to znajdowało uzasadnienie w: i) skutecznym ograniczeniu formacji produktów peroksydacji w paszach, mogących stanowić potencjalne źródło stresu oksydacyjnego o podłożu żywieniowym [PC2]; ii) możliwością porównania danych wydajności oraz parametrów antyoksydacyjnych tkanek kurcząt z wynikami grup żywionych dietami, w których peroksydacja lipidów była hamowana wyłącznie przez antyoksydanty obecne w premiksie mineralno-witaminowym; iii) możliwością odniesienia tych danych do wyników statusu antyoksydacyjnego uzyskanych u świń [PC1].

W trzeciej pracy cyklu [PC3] ujawniono trend do poprawy przyrostu całkowitego (o około 95,5 g) oraz końcowej masy ciała kurcząt (o około 94 g) otrzymujących w diety zawierające zoptymalizowaną kwercetynę ($P_K = 0,10$). Wynik ten wskazywał na korzystne działanie dobranej ilości zoptymalizowanej kwercetyny na organizm tych ptaków, co obserwowano niezależnie od zastosowanych olejów. Nie potwierdzono zmian w końcowej masie ciała, w przyroście całkowitym oraz współczynniku konwersji paszy u kurcząt żywionych dietami zawierającymi olej lniany (OL i OL_K).

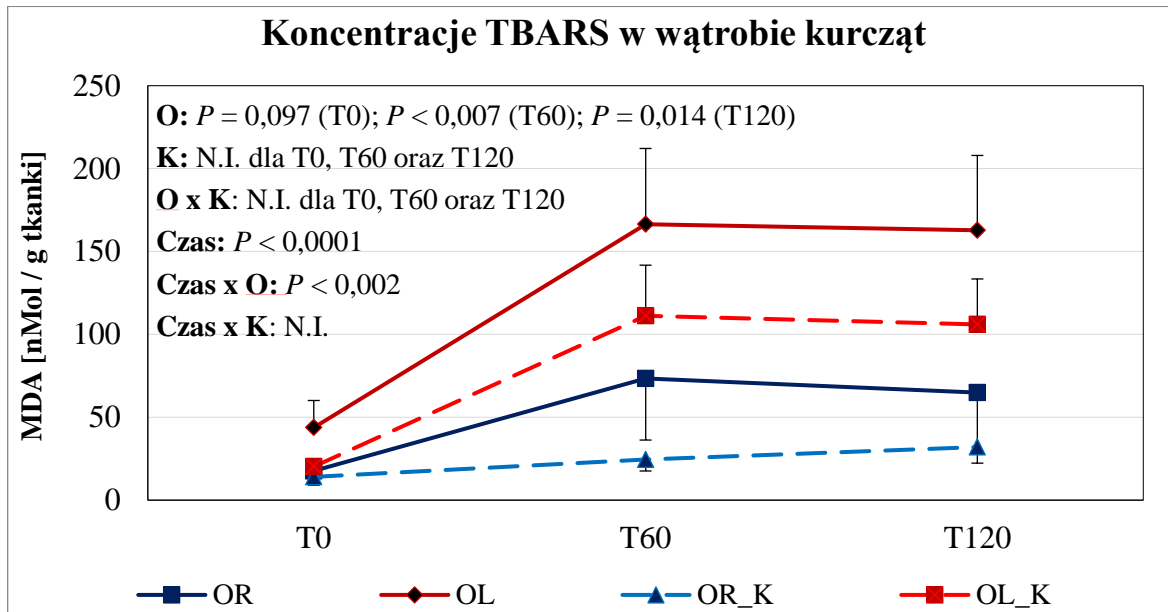
W wątrobie kurcząt żywionych dietami z olejem lnianym stwierdzono istotne zwiększenie aktywności CAT, podwyższone wartości ($P_O = 0,64$) aktywności SOD oraz tendencję ($P_O = 0,097$) wzrostową początkowych koncentracji MDA w obrębie tej tkanki, przed poddaniem jej wymuszonej peroksydacji. Na podstawie tych danych przedstawiono wniosek, że istotne zmiany w parametrach antyoksydacyjnych wątroby mogły wynikać ze zwiększonej podaży produktów utleniania tłuszczów obecnych w dietach OL. Zwiększona podaż MDA w diecie kurcząt oraz wysoka utlenialność kwasów *n*-3 zdeponowanych w tkance wątroby, stanowiły obciążenie dla tego narządu, prowadząc do aktywacji mechanizmów obrony antyoksydacyjnej tej tkanki. Wyższą depozycję kwasów *n*-3 w wątrobie kurcząt z grup OL i OL_K potwierdzono poprzez wykazanie wyższych poziomów MDA w tej tkance, w punktach czasowych T60 ($P_O < 0,007$) i T120 min. ($P_O = 0,014$) wymuszonej chemicznie peroksydacji. Ponadto dowiedziono, że istotne przyrosty koncentracji MDA wystąpiły wyłącznie w próbach wątrób

pozyskanych od kurcząt żywionych dietami zawierającymi olej lniany (interakcja Czas x O) (**Rysunek 2**), co świadczyło o wyższej podatności lipidów wątroby w grupach OL i OL_K na peroksydację. Zjawisko dieto-zależnej zmiany w profilu kwasów tłuszczowych wątroby kurcząt zostało wcześniej zaprezentowane przez innych autorów (Abdulla i wsp., 2019).

W trzeciej pracy cyklu ważnych informacji na temat statusu antyoksydacyjnego wątroby kurcząt dostarczyła interakcja czynników oleju oraz zoptymalizowanej kwercetyny (O x K). Potwierdziła ona najwyższą aktywność wątrobowej CAT w grupie OL ($P_{O \times K} = 0,03$), a także na uzyskanie wartości CAT w grupach OR_K (8186 U/mL) oraz OL_K (8220 U/mL) na poziomie nierozróżnialnym od wartości granicznych, stwierdzonych w grupach OR (6912 U/mL) oraz OL (9058 U/mL). Obserwowana, dwukierunkowa modulacja aktywności CAT w wątrobie kurcząt, w zależności od oleju użytego w dietach, oznaczać mogła zmniejszenie obciążenia wątroby u ptaków żywionych dietą OL_K, z uwagi na obniżenie dostarczanych wraz z dietą produktów ubocznych peroksydacji (nawet do 75,9% **[PC2]**). Natomiast w połączeniu z dietami zawierającymi relatywnie stabilny olej rzepakowy, zoptymalizowana kwercetyna przyczyniła się do zwiększenia aktywności CAT, co skutkowało poprawą efektywności przeciwutleniającej wątroby również w grupie OR_K. Podobne, choć nieistotne statystycznie zmiany w wartościach średnich obserwowano w aktywności wątrobowej SOD ($P > 0,10$). Ponieważ enzym ten odpowiada za neutralizację anionorodnika ponadtlenkowego, najwyższa wartość SOD w wątrobach kurcząt z grupy OL może dostarczyć dodatkowej, obok CAT, informacji na temat możliwości wystąpienia stresu oksydacyjnego w obrębie tej tkanki, w przypadku zastosowania diet zawierających świeży, lecz niechroniony dodatkiem kwercetyny olej lniany.

Wyszczególnienia wymagają wyniki przyrostów koncentracji MDA w wątrobie kurcząt z grupy OR_K, które nadal podlegały indukowanej chemicznie peroksydacji w punkcie czasowym T120 min. Dostępność nienasyconych kwasów tłuszczowych w 120. minucie reakcji sugerowała możliwe działanie przeciwutleniające zoptymalizowanej kwercetyny w obrębie tkanki wątroby kurcząt z grupy OR_K, we wcześniejszych etapach peroksydacji (**Wykres 1**). W próbach wątrób z pozostałych grup, w punkcie czasowym T120 min. wystąpił efekt *plateau*, lub obserwowano wartości niższe, niż dla punktu czasowego T60 min. Wynik ten informował o wejściu peroksydacji lipidów wątroby kurcząt z grup OR, OL i OL_K w etap terminacji. W

omawianej pracy nie stwierdzono zmian w aktywności enzymów antyoksydacyjnych mięśnia piersiowego kurcząt.



Rysunek 2. Wpływ olejów oraz zoptymalizowanej kwercetyny na koncentrację produktów utleniania lipidów w wątrobie [PC3] (zmodyfikowane).

Objaśnienia do Rysunku 1: OR: grupa żywiona dietami zawierającymi olej rzepakowy; OR_K: grupa żywiona dietami zawierającymi olej rzepakowy, wzbogaconymi zoptymalizowaną kwercetyną (K); OL: grupa żywiona dietami zawierającymi olej lniany; OL_K grupa żywiona dietami zawierającymi olej lniany, wzbogaconymi zoptymalizowaną kwercetyną; T0, T60 i T120: czas inkubacji prób podczas utleniania w układzie kwas askorbinowy : żelazo; N.I.: różnice nieistotne ($P \geq 0,05$ lub przy braku trendu dla $P > 0,10$); Słupki błędów reprezentują odchylenie standardowe średniej.

Pomimo zmian w aktywności wątrobowej katalazy w grupie OL (oraz najwyższej wartości SOD) i zwiększonej utlenialności lipidów tej tkanki pod wpływem diet zawierających olej lniany, dalsza ocena parametrów antyoksydacyjnych krwi dowiodła utrzymania niezachwianej równowagi antyoksydacyjnej organizmu kurcząt. Kolejne analizy ujawniły brak istotnych różnic w: i) aktywności przeciwrodnikowej osocza (DPPH: $P_O = 0,60$; $P_K = 0,45$; ABTS: $P_O = 0,66$; $P_Q = 0,74$) i surowicy (DPPH: $P_O = 0,85$; $P_K = 0,60$); ii) w zdolności do redukcji jonów żelaza w osoczu (FRAP: $P_O = 0,98$; $P_Q = 0,72$); iii) w całkowitym statusie antyoksydacyjnym osocza (TAS: $P_O = 0,59$; $P_K = 0,86$); iv) w aktywności peroksydazy glutationowej (GPx: $P_O = 0,16$; $P_K = 0,94$).

W pierwszej publikacji cyklu [PC1] udowodniono niewydolność ogólnoustrojowego systemu obrony antyoksydacyjnej u świń poddanych stresowi sanitarnemu, na co wskazywał wzrost metabolitów RFT oraz spadek wartości parametru FRAP w osoczu (reprezentujący całkowity status antyoksydacyjny), a także drastyczne obniżenie przyrostów masy ciała tych zwierząt. Wyniki wcześniejszych badań wskazały na wysoką przydatność parametrów TAS i

FRAP w ujawnianiu zmian w równowadze antyoksydacyjnej organizmu pod wpływem czynników indukujących zwiększone powstawanie RFT i stres oksydacyjny (Zeng i wsp., 2014; Sierżant i wsp., 2019b [PC1]). Tym samym brak różnic we wszystkich parametrach antyoksydacyjnych krwi kurcząt w konfrontacji z brakiem wpływu oleju lnianego na wyniki produkcyjne, dostarczyło kluczowej informacji na temat zachowania prawidłowego dobrostanu ptaków w obecnym eksperymencie. Uzyskane wyniki dowiodły bezpieczeństwa stosowania świeżych olejów w żywieniu kurcząt, jednakże dały nowe światło w kontekście korzyści wynikających ze skutecznego zabezpieczania tłuszczów roślinnych, przy pomocy odpowiednio zoptymalizowanych dodatków przeciwutleniaczy.

W pracy [PC3] wykazano że zastąpienie oleju rzepakowego olejem lnianym nie wpłynęło na końcowe wyniki wydajności kurcząt brojlerów, podczas gdy aplikacja zoptymalizowanej kwercetyny do pasz nieznacznie poprawiła ($P_K = 0,10$) przyrost całkowity oraz końcową masę ciała ptaków. Stwierdzony brak zmian w globalnych wskaźnikach antyoksydacyjnych krwi kurcząt w konfrontacji z brakiem różnic w końcowych parametrach wydajności (lub z ich nieznaczną poprawą w przypadku zastosowania zoptymalizowanej kwercetyny), świadczy o braku ogólnoustrojowego stresu oksydacyjnego w obrębie wszystkich grup żywieniowych. Zoptymalizowana kwercetyna obniżyła obciążenie wątroby u kurcząt żywionych dietą OL_Q, poprzez zmniejszenie dostarczanych z dietą produktów ubocznych peroksydacji o nawet 75%, a także poprawiała wydolność antyoksydacyjną tej tkanki w przypadku zastosowania w dietach kurcząt stabilnego oleju rzepakowego.

4.4.3. Podsumowanie osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe zatytułowane „*Możliwość poprawy statusu antyoksydacyjnego oraz wydajności produkcyjnej u świń i kurcząt brojlerów*” stanowi cykl trzech powiązanych tematycznie, oryginalnych artykułów naukowych z listy JCR, o łącznym IF: 10,035 oraz sumie punktów MNIŚW: 480. W przedstawionych pracach jestem pierwszym autorem, a w przypadku publikacji [PC2] i [PC3] również autorem korespondencyjnym. We wszystkich publikacjach stanowiących znaczne osiągnięcia naukowe jestem głównym wykonawcą realizowanej części badawczej. W przypadku prac [PC2] oraz [PC3] jestem autorem koncepcji i metodologii badań, a także kierownikiem realizowanego działania badawczego i zespołu powołanego do jego realizacji [Miniatura 2, nr: 2018/02/X/NZ9/02467]. Wszystkie prace cyklu współdziela tę samą część metodyczną, obejmującą oznaczenia biochemiczne oraz aktywność

antyoksydacyjną, wykonaną w obrębie tkanek świń i kurcząt brojlerów, olejów oraz pasz wykorzystywanych w badaniach.

Do najważniejszych efektów naukowych badań ujętych w omawianym cyklu publikacji zaklasyfikować można:

- I. Udowodnienie wpływu rozbieżnej selekcji genetycznej pod kątem RFI na poprawę efektywności mechanizmów obrony antyoksydacyjnej świń, co przekładało się na obniżenie stanu zapalnego oraz stresu oksydacyjnego u tych zwierząt, skutkując mniejszymi zaburzeniami wzrostu (wyższą wydajnością) w przypadku nieprawidłowych warunków higienicznych chowu (**cel główny oraz cel szczegółowy nr 1**).
- II. Wykazanie wysokiej przydatności parametru RFI, jako dodatkowego kryterium selekcji genetycznej pod kątem wydajności świń. Parametr ten może mieć zastosowanie w pracach hodowlanych, w celu podniesienia wartości użytkowej tych zwierząt, a także zwiększenia ich wytrzymałości na wyzwania środowiskowe (**cel główny**).
- III. Wskazanie wysokiej uniwersalności miernika TBARS, zastosowanego w omawianym cyklu prac. Wykorzystanie indukowanej chemicznie peroksydacji umożliwiło skuteczną analizę pojemności przeciwutleniającej nie tylko w rutynowej analizie tkanek u świń, lecz również w: i) optymalizacji dodatku kwercetyny w procesie peroksydacji emulsji olejowych (**cel szczegółowy nr 2**); ii) potwierdzeniu rzeczywistej skuteczności antyoksydacyjnej kwercetyny w paszach (**cel szczegółowy nr 2**); iii) pośredniej ocenie zmian w profilu WNKT w tkance wątroby kurcząt; iv) ujawnieniu potencjalnego działania antyoksydacyjnego kwercetyny w wątrobie kurcząt.
- IV. Wykazanie, że zoptymalizowanie dodatku kwercetyny do utlenialności oleju lnianego, użytego w dietach kurcząt brojlerów, umożliwiło bezpieczne (z punktu widzenia konsumenta) zwiększenie udziału kwasów *n-3* w mięsie drobiowym, bez zmian w stabilności oksydacyjnej tego mięsa (**cel szczegółowy nr 3**).
- V. Udowodnienie korzystnego działania przeprowadzonej optymalizacji dodatku kwercetyny na organizm kurcząt brojlerów. Dodatek ten: i) zmniejszył obciążenie ich wątroby wywołane obecnością w dietach utlenionych tłuszczów; ii) poprawiał parametry antyoksydacyjne wątroby przy zastosowaniu tłuszczów o podwyższonej stabilności (olej rzepakowy); iii) przyczynił się do poprawy końcowej masy ciała tych zwierząt (**cel główny oraz cel szczegółowy nr 4**).
- VI. Wskazanie tkanek o najwyższej wrażliwości na stres oksydacyjny, w kontekście doboru przyszłego materiału badawczego do analiz biochemicznych. W przypadku świń

poddanych działaniu stresu sanitarnego, najwyższą wrażliwością na stres oksydacyjny cechowała się tkanka tłuszczowa okołonerkowa oraz krew, natomiast u kurcząt brojlerów żywionych dietami zawierającymi olej lniany, głównym miejscem odpowiedzi antyoksydacyjnej była tkanka wątroby (**cel szczegółowy nr 5**).

VII. Potwierdzenie użyteczności parametru FRAP w ocenie statusu antyoksydacyjnego osocza u świń i kurcząt brojlerów. W przeciwieństwie do parametru ABTS, parametr ten charakteryzował się wysoką wrażliwością na indukowane działanie stresu sanitarnego u świń, natomiast nie podlegał on zmianom w przypadku braku wystąpienia czynników stresowych, zarówno u świń, jak i u kurcząt brojlerów (**cel szczegółowy nr 5**).

Badania przedstawione w pracy [PC1] mają charakter pionierski, pozwalając na lepsze zrozumienie związku pomiędzy efektywnością zużycia paszy a zdolnością antyoksydacyjną organizmu świń. Poszerzają one dotychczasową wiedzę w zakresie mechanizmów obrony przeciwutleniającej oraz mechanizmów fizjologicznych, które mogą przyczyniać się do indywidualnych różnic w odporności zwierząt (m.in. odpowiedź zapalna, status redoks) na wyzwania środowiskowe oraz ich wydajność.

Wyniki ujęte w publikacjach [PC2] oraz [PC3] stanowią kontynuację badań nad antyoksydacją z wykorzystaniem procedury TBARS u świń, do przeprowadzenia optymalizacji dodatku kwercetyny w diecie kurcząt brojlerów. Uzyskane rezultaty stanowią *novum* w zakresie skutecznego zabezpieczania tłuszczów paszowych, opartego na zastosowanej po raz pierwszy w literaturze przedmiotu optymalizacji dodatku naturalnego antyoksydantu do mieszanek dla kurcząt brojlerów. Udowodniły one również pozytywne działanie zoptymalizowanej kwercetyny na mechanizmy obrony antyoksydacyjnej i wydajność tych zwierząt. Potencjał praktyczny zaprezentowanej optymalizacji może być wykorzystany do bardziej świadomego, bezpiecznego oraz obniżającego koszty produkcji, stosowania naturalnych dodatków przeciwutleniających w żywieniu zwierząt, co wpisuje się w koncepcję zrównoważonego rozwoju oraz strategię „od pola do stołu”. Tego typu dodatki mogą stanowić substytut dla obecnie stosowanych substancji syntetycznych, co przekłada się między innymi na jakość i bezpieczeństwo surowców uzyskiwanych od zwierząt, stanowiących ważny aspekt z punktu widzenia konsumenta.

Piśmiennictwo:

1. Abdel-Latif M.A., Elbestawy A.R., El-Far A.H., Noreldin A.E., Emam M., Batty R.S., Albadrani G.M., Abdel-Daim M.M., i inni, 2021. *Quercetin dietary supplementation advances growth performance, gut microbiota, and intestinal mRNA expression genes in broiler chickens*. *Animals*, 11:2302.

2. Abdulla N.R., Loh T.C., Foo H.L., Alshelmani M.I., Akit H., 2019. *Influence of dietary ratios of n-6: n-3 fatty acid on gene expression, fatty acid profile in liver and breast muscle tissues, serum lipid profile, and immunoglobulin in broiler chickens*. J. Appl. Poultry Res., 28(2):454-469.
3. Anjum M.I., Mirza I.H., Khan A.G., Azim A., 2004. *Effect of fresh versus oxidized soybean oil on growth performance, organs weights and meat quality of broiler chicks*. Pakistan Vet. J., 24(4):174-178.
4. Arranz S., Cert R., Pérez-Jiménez J., Cert A., Saura-Calixto F., 2008. *Comparison between free radical scavenging capacity and oxidative stability of nut oils*. Food Chem., 110:985-990.
5. Baião N.C., Lara L.J.C., 2005. *Oil and fat in broiler nutrition*. Braz. J. Poult. Sci., 7(3):129-141.
6. Barea R., Dubois S., Gilbert H., Sellier P., van Milgen J., Noblet J., 2010. *Energy utilization in pigs selected for high and low residual feed intake*. J. Anim. Sci., 88:2062-2072.
7. Benzie I.F.F., Strain J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Analytic Biochem., 239:70-76.
8. Berry D.P., Crowley J.J., 2013. *Cell Biology Symposium: genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle*. J. Anim. Sci., 91(4):1594-613.
9. Buckley D.J., Gray I.J., Asghar A., Price J.F., Crackel R.L., Booren A.M., Pearson A.M., Miller E.R., 1989. *Effects of dietary antioxidants and oxidized oil on membranal lipid stability and pork product quality*. J. Food Sci., 54(5):1193-1197.
10. Cawthon D., Beers K., Bottje W.G., 2001. *Electron transport chain defect and inefficient respiration may underlie pulmonary hypertension syndrome (ascites)-associated mitochondrial dysfunction in broilers*. Poult. Sci., 80(4):474-84.
11. Celi P., Sullivan M., Evans D., 2010. *The stability of the reactive oxygen metabolites (d-ROMs) and biological antioxidant potential (BAP) tests on stored horse blood*. Vet. J., 183:217-218.
12. Chatelet A., Gondret F., Merlot E., Gilbert H., Friggens N.C., Le Floc'h N., 2018. *Impact of hygiene of housing conditions on performance and health of two pig genetic lines divergent for residual feed intake*. Animal, 12:350-8.
13. Choi E.J., Kim T., Kim G.H. 2012. *Quercetin acts as an antioxidant and downregulates CYP1A1 and CYP1B1 against DMBA-induced oxidative stress in mice*. Oncol. Rep., 28:291-296.
14. Cortinas L., Barroeta A., Villaverde C., Galobart J., Guardiola F., Baucells M.D., 2005. *Influence of the dietary polyunsaturated level on chicken meat quality: lipid oxidation*. Poultry Sci., 84:48-55.
15. Dong Y., Lei J., Zhang B., 2020. *Effects of dietary quercetin on the antioxidative status and cecal microbiota in broiler chickens fed with oxidized oil*. Poult. Sci., 99:4892-4903.
16. Du M., Cherian G., Stitt P.A., Ahn D.U., 2002. *Effect of dietary sorghum cultivars on the storage stability of broiler breast and thigh meat*. Poultry Sci., 81:1385-1391.
17. Dube B., Mulugeta S.D., van der Westhuizen R.R., Dzama K., 2011. *Non-genetic factors affecting growth performance and carcass characteristics of two South African pig breeds*. SAJAS., 41:161-176.
18. Durand D., Collin A., Merlot E., Baéza E., Guilloteau L.A., Le Floc'h N., Thomas A., Fontagné-Dicharry S., Gondret F., 2022. *Review: Implication of redox imbalance in animal health and performance at critical periods, insights from different farm species*. Animal, 16(6):100543.
19. Eghbaliferiz S., Iranshahi M., 2016. *Prooxidant activity of polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids: updated review of mechanisms and catalyzing metals*. Phytother. Res., 30:1379-1391.
20. Emmerzaal T.L., Preston G., Geenen B., i inni., 2020. *Impaired mitochondrial complex I function as a candidate driver in the biological stress response and a concomitant stress-induced brain metabolic reprogramming in male mice*. Transl Psychiatry, 10:176.
21. Evans P., Halliwell B., 1999. Free radicals and hearing, cause, consequence, and criteria. Annals New York Academy of Sci., 884:19-40.
22. Fellenberg M.A., Speisky H., 2006. *Antioxidants: Their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability*. Worlds Poult. Sci. J., 62:53-70.
23. Ferronato G., Cattaneo L., Amato A., Minuti A., Loor J.J., Trevisi E., Cavallo C., Attard G., Liotta L., Lopreato V., 2023. *Residual feed intake is related with metabolic and inflammatory response during the pre-weaning period in Italian Simmental calves*. J. Dairy Sci., Article in press.
24. Ghiselli A., Serafini M., Maiani G., Azzini E., Ferro-Luzzi A., 1995. A fluorescence-based method for measuring total plasma antioxidant capability. Free Radical Biol. Med., 18:29-36.

25. Ghiselli A., Serafini M., Natella F., Scaccini C., 2000. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical view and experimental data. *Free Radical Biol. Med.*, 29:1106-1114.
26. Gilbert H., David I., Billon Y., Hermes S., 2014. *Does selection for RFI affect the sensitivity to environmental variation in pigs?* 10. "World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP)", Aug 2014, Vancouver, Canada. hal-02742803.
27. Goliomytis M., Tsourekis D., Simitzis P.E., Charismiado M.A., Hager-Theodorides A.L., Deligeorgis S.G., 2014. *The effects of quercetin dietary supplementation on broiler growth performance, meat quality, and oxidative stability.* *Poult. Sci.*, 93:1957-1962.
28. González-Gallego J., García-Mediavilla M.V., Sánchez-Campos, S., Tuño M.J., 2010. *Fruit polyphenols, immunity and inflammation.* *Br. J. Nutr.*, 104:15-27.
29. Grubbs J.K., Fritchen A.N., Huff-Lonergan E., Dekkers J.C., Gabler N.K., Lonergan S.M., 2013. *Divergent genetic selection for residual feed intake impacts mitochondria reactive oxygen species production in pigs.* *J Anim. Sci.*, 91:2133-40.
30. Herchi W., Sawalha S., Arráez-Román D., Boukhchina S., Segura-Carretero A., Kallel H., Fernández-Gutierrez A., 2011. *Determination of phenolic and other polar compounds in flaxseed oil using liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry.* *Food Chem.*, 126:332-338.
31. Huang J., Wang, Q., Sun R., Li T., Xia N., Xia Q., 2018. *Antioxidant activity, in vitro digestibility and stability of flaxseed oil and quercetin co-loaded submicron emulsions.* *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 120:1-10.
32. Iqbal M., Pumford N.R., Tang Z.X., Lassiter K., Ojano-Dirain C., Wing T., Cooper M., Bottje W., 2005. *Compromised liver mitochondrial function and complex activity in low feed efficient broilers are associated with higher oxidative stress and differential protein expression.* *Poultry Sci.*, 84(6):933-941.
33. Iqbal M., Pumford N.R., Tang Z.X., Lassiter K., Wing T., Cooper M., Bottje W., 2004. *Low feed efficient broilers within a single genetic line exhibit higher oxidative stress and protein expression in breast muscle with lower mitochondrial complex activity.* *Poultry Sci.*, 83(3):474-484.
34. Janaszewska A., Bartosz G., 2002. *Assay of total antioxidant capacity: Comparison of four methods as applied to human blood plasma.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 62:231-236.
35. Jang A.-R., Park J.-E., Kim S.-H., Chae H.-S., Ham J.-S., Oh M.-H., Kim H.-W., Seol K.-H., Cho S.-H., Kim D.-H., 2010. *Effect of dietary supplementation of quercetin on oxidative stability of chicken thigh.* *Korean J. Poult. Sci.*, 37:405-413.
36. Ji L.L., Yeo D., 2021. *Oxidative stress: an evolving definition.* *Faculty Rev.*, 10:13.
37. Kelly A.K., Lawrence P., Earley B., Kenny D.A., McGee M., 2017. *Stress and immunological response of heifers divergently ranked for residual feed intake following an adrenocorticotrophic hormone challenge.* *J. Animal. Sci. Biotechnol.*, 8:65.
38. Kornbrust D.J., Mavis R.D., 1980. *Relative susceptibility of microsomes from lung, heart, liver, kidney, brain and testes to lipid peroxidation: Correlation with vitamin E content.* *Lipids*, 15:315-322.
39. Kumar K.M.K., Nagesh R., Kumar M.N., Prashanth S.J., Babu R.L., 2022. *Chapter Ten - Oxidative stress in modulation of immune function in livestock.* Editor(s): Sukanta Mondal, Ram Lakhani Singh, Emerging Issues in Climate Smart Livestock Production, Academic Press, 225-245, ISBN 9780128222652.
40. Kumazawa I., Kawaguchi H., Takimoto H., 2006. *Immunomodulating effects of flavonoids on acute and chronic inflammatory responses caused by tumor necrosis factor alpha.* *Curr. Pharm. Des.*, 12:4271-4279.
41. Labroue F., Guéblez R., P. Sellier, Meunier-Salaün M.C., 1994. *Feeding behaviour of group-housed Large White and Landrace pigs in French central test stations.* *Livestock Prod. Sci.*, 40:303-312.
42. Le Floc'h N., Knudsen C., Gidenne T., Montagne L., Merlot E., Zemb O., 2014. *Impact of feed restriction on health, digestion and faecal microbiota of growing pigs housed in good or poor hygiene conditions.* *Animal*, 8:1632-42.
43. Lebret B., Batonon-Alavo D.I., Perruchot M.H., Mercier Y., Gondret F., 2018. *Improving pork quality traits by a short-term dietary hydroxy methionine supplementation at levels above growth requirements in finisher pigs.* *Meat Sci.*, 145:230-237.
44. Leskovec J., Levart A., Perić L., Đukić S.M., Tomović V., Pirman T., Salobir J., Rezar V., 2019. *Antioxidative effects of supplementing linseed oil-enriched diets with α -tocopherol, ascorbic acid, selenium, or their combination on carcass and meat quality in broilers.* *Poultry Sci.*, 98:6733-6741.

45. Liang F., Jiang S., Mo Y., Zhou G., Yang L., 2015. *Consumption of oxidized soybean oil increased intestinal oxidative stress and affected intestinal immune variables in yellow-feathered broilers.* Anim. Biosci., 28(8):1194-1201.
46. Lines D.S., Pitchford W.S., Bottema C.D.K., Herd R.M., Oddy V.H., 2018. *Selection for residual feed intake affects appetite and body composition rather than energetic efficiency.* Anim. Prod. Sci., 58:175-184.
47. Liu H.W., Gai F., Gasco L., Brugiapaglia A., Lussiana C., Guo K.J., Tong J.M., Zaccarato I., 2009. *Effects of chestnut tannins on carcass characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits.* Meat Sci., 83:678-683.
48. Liu J., Fu Y., Zhou S., Zhao P., Zhao J., Yang Q., Wu H., Ding M., Li Y., 2013. *Effect of quercetin on performance and egg quality during the late laying period of hens.* Br. Poult. Sci., 54:510-514.
49. Liu P., Chen C., Kerr B.J., Weber T.E., Johnston L.J., Shurson G.C., 2014. *Influence of thermally oxidized vegetable oils and animal fats on growth performance, liver gene expression, and liver and serum cholesterol and triglycerides in young pigs.* J. Anim. Sci., 92:2960-2970.
50. Lykkesfeldt J., Svendsen O., 2007. *Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals.* Vet J., 173:502-511.
51. Mandelker L. 2011. *Oxidative stress, free radicals, and cellular damage.* p. 1-17. In Mandelker L., and Vajdovich, P. (eds.). *Studies on veterinary medicine.* 5th ed. Humana Press, New York, USA. Online ISBN: 978-1-61779-071-3.
52. Mandelker L., 2008. *Introduction to Oxidative Stress and Mitochondrial Dysfunction.* Vet Clin North Am. Small Anim. Pract., 38(1):1-30.
53. Meineri G., Longato E., Peiretti P.G., 2018. *Effects of diets containing linseed oil or lard and supplemented with pumpkin seeds on oxidative status, blood serum metabolites, growth performance, and meat quality of naked neck chickens.* Canadian Journal of Anim. Sci., 98:607-618.
54. Mooney J.W., Hirschler E.M., Kennedy A.K., Sams A.R., Van Elswyk M.E., 1998. *Lipid and flavour quality of stored breast meat from broilers fed marine algae.* J. Sci. Food and Agric., 78:134-140.
55. Nishimuro H., Ohnishi H., Sato M., Ohnishi-Kameyama M., Matsunaga I., i inni, 2015. *Estimated daily intake and seasonal food sources of quercetin in Japan.* Nutrients, 7:2345-2358.
56. Onteru S.K., Gorbach D.M., Young J.M., Garrick D.J., Dekkers J.C., Rothschild M.F., 2013. *Whole genome association studies of residual feed intake and related traits in the pig.* PLoS One, 26;8(6):e61756.
57. Pantano C., Reynaert N.L., van der Vliet A., Janssen-Heininger Y.M., 2006. *Redoxsensitive kinases of the nuclear factor-kappaB signaling pathway.* Antioxid. Redox. Signal., 8:1791-806.
58. Pastorelli H., van Milgen J., Lovatto P., Montagne L., 2012. *Meta-analysis of feed intake and growth responses of growing pigs after a sanitary challenge.* Animal, 6:952-61.
59. Pond W.G., Maner J.H., Harris D.L., 1991. *Nutrition and Feed Formulation.* In: Pork Production Systems. Springer, Boston, MA.
60. Quéméner A, Perruchot M-H, Dessauge F, Vincent A, Merlot E, Le Floch N, Louveau I. 2022. *Hygiene of housing conditions and proinflammatory signals alter gene expressions in porcine adipose tissues and blood cells.* PeerJ, 10:e14405.
61. Regulska-Iłow B., Iłow R., 2008. *The influence of quercetin on fatty acid content in selected organs of rats on diets with fresh and oxidized fat.* Adv. Clinical Exp. Med., 17:15-26.
62. Rupasinghe H.P., Ronalds C.M., Rathgeber B., Robinson R.A., 2010. *Absorption and tissue distribution of dietary quercetin and quercetin glycosides of apple skin in broiler chickens.* J. Sci. Food. Agric., 90:1172-1178.
63. Saeed M.N., Arain M., Arif M., Elgammal M., Alagawany M., Siyal M., Soomro F., Sun R.C., 2017. *Quercetin: Nutritional and beneficial effects in poultry.* Worlds Poult. Sci. J., 73:355-364.
64. Serra V., Salvatori G., Pastorelli G., 2021. *Dietary polyphenol supplementation in food producing animals: Effects on the quality of derived products.* Animals, 11:2-44.
65. Sierzant K., 2018a. *Livestock's products as a potential source of n-3 fatty acids: the benefits and risks related to an enrichment of animal diet in polyunsaturated fatty acids and antioxidants.* In: Bodkowski R., Knecht D., Czyż K. (Eds.), *Kwasy Tłuszczowe Łańcuchu Żywności.* Fundacja Lumina Cordis, Wrocław, 140-159.
66. Sierzant K., Burek A., Pogoda-Sewerniak K., Chorążyczewska A., Słowińska A., Hikawczuk T., Szuba-Trznadel A., Orda J., 2017. *Wpływ dodatku naturalnych źródeł przeciwutleniaczy oraz różnej temperatury przechowywania na stabilność oksydacyjną mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt brojlerów.* „XLVI Sesja

- Naukowa Sekcji Żywnienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk”, 21-23/06/2017, Lublin.
67. Sierżant K., Korzeniowska M., Król B., Orda J., Wojdyło A., 2018b. *Oxidative stability of the meat of broilers fed diets supplemented with various levels of blackcurrant extract (Ribes nigrum L.) during different time period.* J. Chem., 3403975:1-9.
 68. Sierżant K., Orda J., Korzeniowska M., Malicki A., 2019a. *Effect of dietary supplementation with extracts of rosemary, olive leaves, pine bark and quercetin on selected performance indices of broiler chickens and microbiological status of their ileum.* Med. Weter., 75(4):247-252.
 69. Sierżant K., Perruchot M-H., Merlot E., H, Le Floc'h N., Gondret F., 2019b. *Tissue-specific responses of antioxidant pathways to poor hygiene conditions in growing pigs divergently selected for feed efficiency.* BMC Vet. Res., 15:341.
 70. Sierżant K., Pyrkosz-Biardzka K., Gabrielska J., 2012. *Właściwości przeciwutleniające naturalnych ekstraktów polifenolowych z wybranych roślin w układach modelowych.* Ż.N.T.J., 19(6):41-53.
 71. Sierżant K., Wiliczekiewicz A., Piksa E., Półbrat T., Hikawczuk T., 2018c. *Wpływ zastosowania różnych źródeł tłuszczu na stabilność oksydacyjną mieszanek dla drobiu w trakcie krótkoterminowego przechowywania.* „XLVII Sesja Naukowa Sekcji Żywnienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk”, 27-29/06/2018, Kraków, Polska.
 72. Siger A., Nogala-Kalucka, M., Lampart-Szczapa E., 2008. *The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils.* J. Food Lipids, 15:137-149.
 73. Spring P., 2013. *The challenge of cost effective poultry and animal nutrition: Optimizing existing and applying novel concepts.* Lohmann Inf., 48(1):38-46.
 74. Tang Z., Iqbal M., Cawthon D., Bottje W.G., 2002. *Heart and breast muscle mitochondrial dysfunction in pulmonary hypertension syndrome in broilers (Gallus domesticus).* Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol., 132(3):527-40.
 75. Ulusoy H.G., Sanlier N. 2020. *A minireview of quercetin: From its metabolism to possible mechanisms of its biological activities.* Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 60:3290-3303.
 76. Varady J., Eder K., Ringseis R., 2011. *Dietary oxidized fat activates the oxidative stress-responsive transcription factors NF- κ B and Nrf2 in intestinal mucosa of mice.* Eur. J. Nutr., 50:601-609.
 77. Vincent A., Louveau I., Gondret F., Tréfeu C., Gilbert H., Lefaucheur L., 2015. *Divergent selection for residual feed intake affects the transcriptomic and proteomic profiles of pig skeletal muscle.* J. Anim. Sci., 93:2745-2758.
 78. Wang S., Yao J., Zhou B., Yang J., Chaudry M.T., Wang M., Xiao F., Li Y., Yin W., 2018. *Bacteriostatic effect of quercetin as an antibiotic alternative in vivo and its antibacterial mechanism in vitro.* J. Food Prot., 81:69-78.
 79. Wojtas E., Zachwieja A., Zwyrzykowska A., Kupczynski R., Marycz K., 2017. *The application of mesenchymal progenitor stem cells for the reduction of oxidative stress in animals.* Turkish J. Biol., 41(1): 12-19.
 80. Yang C., Song G., Lim W., 2020. *Effects of mycotoxin-contaminated feed on farm animals.* J. Hazard Mater, 5:389:122087.
 81. Zeng T., Li J.J., Wang D.Q., Li G.Q., Wang G.L., Lu L.Z., 2014. *Effects of heat stress on antioxidant defense system, inflammatory injury, and heat shock proteins of muscovy and pekin ducks: evidence for differential thermal sensitivities.* Cell Stress Chaperones 19:895-901.
 82. Zhang H., Li Y., Chen Y., Ying Z., Su W., Zhang T., Dong Y., Htoo J.K., Zhang L., Wang T., 2019. *Effects of dietary methionine supplementation on growth performance, intestinal morphology, antioxidant capacity and immune function in intra-uterine growth-retarded suckling piglets.* J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl), 103:868-881.
 83. Zhang S., Kim I.H., 2020. *Effect of quercetin (flavonoid) supplementation on growth performance, meat stability, and immunological response in broiler chickens.* Livestock Sci., 242:104286.
 84. Zhang W., Xiao S., Lee E.J., Ahn D.U., 2011. *Consumption of oxidized oil increases oxidative stress in broilers and affects the quality of breast meat.* J. Agric. Food Chem., 59:969-974.
 85. Zuidhof M.J., Schneider B.L. Carney V.L., Korver D.R., Robinson F.E., 2014. *Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005.* Poult. Sci., 93:2970-2982.

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

5.1. Wykaz zrealizowanych staży zagranicznych

- [S1] Staż naukowo-badawczy w Centrum Badawczym UMR PEGASE, INRA-Agrocampus Ouest w okresie 18/02/2015 – 17/07/2015 r., Saint-Gilles, Bretania, Francja (149 dni).
- [S2] Staż naukowo-badawczy w Centrum Badawczym UMR PEGASE, INRA-Agrocampus Ouest w okresie 03/11/2015 – 02/02/2016 r., Saint-Gilles, Bretania, Francja (91 dni).
- [S3] Staż naukowo-badawczy w Centrum Badawczym UMR PEGASE INRAE-Institut Agro w okresie 01/11/2021 – 31/01/2022 r., Saint-Gilles, Bretania, Francja (91 dni).

Łącznie: 331 dni.

5.2. Współpraca międzynarodowa

- **2015-2020 r.:** Centrum Badawcze UMR PEGASE, INRA, obejmujące jednostkę badawczą INRA dla regionu Bretanii w Saint-Gilles oraz wyższą szkołę rolniczą AGRO CAMPUS OUEST w Rennes, Francja.
- **Od 2021 r.:** Centrum Badawcze UMR PEGASE INRAE-Institut Agro, które po reorganizacji obejmuje konsorcjum badawcze INRAE dla regionów Bretanii i Normandii w Saint-Gilles oraz L'INSTITUT Agro Rennes-Angers, z filiami W Rennes i Angers, Francja.

Pierwsze dwa długoterminowe pobyty naukowe (5 + 3 miesiące) w centrum badawczym UMR PEGASE, INRA, zrealizowałem po nawiązaniu współpracy z dr Florence Gondret, będącą kierownikiem zespołu badawczego „Croissance” („Wzrost”). Oba staże związane były z uczestnictwem w Europejskim projekcie ProHealth [7. Program Ramowy: FP7/2007–2013; umowa o dofinansowanie nr 613574], w ramach zadania "*Sustainable intensive pig and poultry production*" [<https://cordis.europa.eu/project/id/613574/fr>], do którego zostałem zaproszony jako członek zespołu, w roli głównego wykonawcy oznaczeń biochemicznych tej części badań. Działania badawcze w których wziąłem udział, zatytułowane „*Wpływ selekcji pod kątem reszkowego pobrania paszy oraz stresu sanitarnego na właściwości antyoksydacyjne tkanek rosnących świń - część pierwsza i druga*”, ukierunkowane były lepsze zrozumienie związku: i) między efektywnością wykorzystania paszy a zdolnością antyoksydacyjną organizmu; ii) między stresem oksydacyjnym a zdrowiem świń; iii) ujawnienie mechanizmów obrony

przeciwutleniającej u rosnących świń oraz mechanizmów fizjologicznych, które mogą przyczyniać się do indywidualnych różnic w odporności na wyzwania środowiskowe i na wydajność tych zwierząt.

Efektom badań wykonanych w ośrodku ww. ośrodku jest wspólna publikacja, stanowiąca składową szczególnego osiągnięcia naukowego [PC1], a także doniesienie konferencyjne, zaprezentowane na konferencji naukowej: 16th International Conference on Production Diseases in Farm Animals [D11]:

- [P5] [PC1] **Sierżant K.**, Perruchot M-H., Merlot E., H, Le Floc'h N., Gondret F., 2019. Tissue-specific responses of antioxidant pathways to poor hygiene conditions in growing pigs divergently selected for feed efficiency. BMC Veterinary Research, 15:341. **IF: 1,835; 140 pkt.**
- [D11] **Sierżant K.**, Merlot E., Tacher S., Le Floc H.N., Gondret F.: *Antioxidant capacities of pigs were altered in a tissue-specific manner by poor hygiene conditions*. 16th International Conference on Production Diseases in Farm Animals, Wageningen, Holandia, 20-23/06/2016.

Ponadto, w trakcie pierwszego pobytu badawczego w jednostce UMR PEGASE wygłosiłem referat pt. „*The effect of rosemary and blackcurrant extracts supplementation on performance indices and oxidative stability of broiler meat*”, w ramach cotygodniowego seminarium doktorantów oraz młodych pracowników naukowych „¿QUI CAFÉ QUOI?”. Przedstawione wyniki zostały następnie włączone do wykładu plenarnego [D15, W1], wygłoszonego na konferencji: 68th Annual Meeting of EAAP "Patterns of Livestock Production in the Development of Bioeconomy" w Tallinie [D15, W1], a w roku 2021 opublikowane w formie wspólnej publikacji z dr Florence Gondret w czasopiśmie Animals [P6].

- [D15] [W1] **Gondret F.**, Perruchot M-H., **Sierżant K.**, Louveau I., *The biology of adipose tissue in non-ruminants: renewed interests in oxido-reduction pathways*. 68th Annual Meeting of EAAP "Patterns of Livestock Production in the Development of Bioeconomy", Tallin, Estonia, 28/08-01/09/2017.
- [P6] **Sierżant K.**, Korzeniowska M., Orda J., Wojdyło A., **Gondret F.**, Półbrat T., 2021. *The effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and blackcurrant extracts (*Ribes nigrum*) supplementation on performance indices and oxidative stability of chicken broiler meat*. Animals, 11(4):1-12. **IF: 2,752; 100 pkt.**

W roku 2021 uzyskałem Stypendium Rządu Francuskiego (BGF: Bourse du Gouvernement Français) na „pobyt badawczy wysokiego poziomu” [„Séjour scientifique haut niveau”; Dossier n° 107266Y]. W trakcie kolejnego wyjazdu byłem głównym wykonawcą części biochemicznej projektu „ROC+”, stanowiącej część programu „ANR FatInteger”, finansowanego przez Francuską Narodową Agencję ds. Badań, Region Bretanii oraz Metropolię Rennes [Nr. ANR-11-BSV7-0004].

Celem projektu ROC+ było uzyskanie mięsa wieprzowego o podwyższonej wartości sensorycznej oraz odżywczej, poprzez zaproponowanie strategii łączących genetykę świń oraz dietę „ROC+”, opartą o surowce lokalne, w ramach relokacji zasobów produkcji zwierzęcej. Część biochemiczna badań celowała w wyjaśnienie mechanizmów biologicznych zaangażowanych w rozwój mięśni szkieletowych oraz tkanki tłuszczowej świń, związanych z wpływem czynnika genetycznego (G), diety (D), a także ich wzajemnym oddziaływaniem (interakcja G x D). W części tej oceniłem zdolność przeciwutleniającą w tkankach mięśniowej i tłuszczowej pozyskanych od 60 świń, a także aktywność lipogeniczną i kataboliczną, z uwagi na wzajemne powiązanie metabolizmu lipidów w różnych tkankach z ich statusem redoks, tj.:

- aktywności enzymów biorących udział w lipogenezie: syntaza kwasów tłuszczowych (FAS), dehydrogenaza glukozy-6-fosforanowa (G6PD), enzym jabłczanowy (EM);
- aktywności enzymów biorących udział w katabolizmie energetycznym: dehydrogenaza β -hydroksyacylo-koenzymu A (HAD), dehydrogenaza mleczanowa (LDH), syntaza cytrynianowa (CS);
- aktywności enzymów antyoksydacyjnych: dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza, peroksydaza oraz reduktaza glutationowa.

Do chwili obecnej odpowiadam za wstępną analizę statystyczną uzyskanych danych przy użyciu pakietu Statistica. Dane podlegające tym analizom uwzględniają parametry wydajności świń, profil kwasów tłuszczowych w tkance tłuszczowej podskórnej oraz dane dotyczące poziomu ekspresji genów badanych metodą qPCR. Docelowo, uzyskane wyniki zostaną opublikowane najpierw w formie abstraktu konferencyjnego, a następnie w formie recenzowanej publikacji w połączeniu z innymi cechami, po ich oznaczeniu przez pozostałe osoby uczestniczące w projekcie.

Dzięki współpracy z dr Florence Gondret oraz innymi członkami zespołu badawczego „Croissance” zdobyłem bezcenne doświadczenie praktyczne, umożliwiające znaczące rozszerzenie dotychczasowego zaplecza metodycznego. Po powrocie ze stażu do jednostki macierzystej rozpocząłem prace nad transferem wybranych metod poznanych podczas stażu (m.in. ABTS, FRAP, TBARS, SOD, CAT); wykonałem również ich porównanie z metodyką i wynikami badań opublikowanymi w pracy: Sierżant K., Pyrkosz-Biardzka K., Gabrielska J., 2012. *Właściwości przeciwutleniające naturalnych ekstraktów polifenolowych z wybranych roślin w układach modelowych*. *Ż.N.T.J.*, 19(6):41-53 [P1]. Efektem tych prac był temat badawczy dotyczący optymalizacji dodatku naturalnych przeciwutleniaczy do mieszanek pełnoporcjowych, który łącząc wybrane elementy metod, pozwolił na realizację osiągnięć habilitacyjnych [PC2] oraz [PC3] (szersze omówienie tej kwestii zawarłem w pkt. 5.4. d)

Autoreferatu). Certyfikaty zrealizowanych staży wraz z potwierdzeniem uczestnictwa ww. projektach są zawarte w Załączniku nr 5.

5.3. Współpraca z innymi uczelniami krajowymi

5.3.1. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

W roku 2019, we współpracy z Dr hab. inż. Zuzanną Gołuch, prof. uczelni z Katedry Technologii Żywności i Żywienia Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu oraz firmą Olvita Gołuch sp.k., wziąłem udział w realizacji międzyuczelnianych badań dotyczących wykorzystania makuchów z zarodków pszennych jako potencjalnego wysokobiałkowego materiału paszowego w żywieniu drobiu. Doświadczenie zostało sfinansowane przez Katedrę Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa UPWr (główny organizator), firmę Olvita Gołuch sp.k., oraz KTŻiŻ UEW (część biochemiczna). W badaniach tych założono, że z uwagi na około 30% zawartość białka oraz niższym wobec pełnego ziarna pszenicy udziałem substancji antyżywniowych, makuchy te mogłyby wykazywać wysoką użyteczność np. u kurcząt brojlerów. Ponadto, od lat 60-tych praktycznie nie prowadzono dalszych prac nad wdrożeniem makuchów z zarodków pszennych w żywieniu drobiu. W przeprowadzonym eksperymencie pełniłem rolę współwykonawcy oraz byłem współodpowiedzialny za elementy organizacyjne, logistyczne, koordynacyjne i techniczne realizowanych prac.

Uzyskane wyniki wskazały na niekorzystny wpływ 10- i 15% udziału makuchów z zarodków pszennych w diecie kurcząt brojlerów na wyniki produkcyjne (obniżone przyrosty, wyższe pobranie paszy), przy braku różnic w metabolizmie węglowodanowo-lipidowym. Stwierdzone zmiany w parametrach biochemicznych metabolizmu białek u brojlerów wskazały jednak na potrzebę dalszych badań nad efektywnością stosowania makuchów z zarodków pszenicy w żywieniu zwierząt.

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

- [P9] Gołuch Z., Okruszek A., **Sierżant K.**, Wierzbicka-Rucińska A., 2023. *The influence of wheat germ expeller on performance and selected parameters of carbohydrate, lipid, and protein metabolism in blood serum for broilers*. Agriculture (Switzerland), 13(4):753:1-14. **IF: 3,6; 140 pkt.** Artykuł został wybrany do okładki numeru 4., tomu 13. Agriculture, 2023.

Doniesienia konferencyjne:

- [D21] Gołuch Z., **Sierżant K.**, Okruszek A., *Ocena wpływu zastosowania makucha z zarodków pszenicy w tuczu kurcząt brojlerów na stężenie glukozy oraz profil lipidowy surowicy krwi*". Międzynarodowa Konferencja naukowa „Środowisko – zwierzę – człowiek” połączona z obchodami 20-lecia czasopisma Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, 14/10/2021.

5.4. Działalność naukowo-badawcza w uczelni macierzystej

Z uwagi na koncentrację swych zainteresowań badawczych wokół RFT oraz procesu peroksydacji, **główny nurt** działalności naukowo-badawczej realizowanej w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu **ukierunkowałem na ocenę właściwości przeciwutleniających związków polifenolowych, w celu ich praktycznego wykorzystania w żywieniu zwierząt oraz ochrony tłuszczów paszowych przed jęlczeniem. Zakres tematyczny realizowanych prac oraz inne istotne osiągnięcia naukowe (obok ujętych w cyklu publikacji, w pkt. 4.2.), usystematyzowałem wg następujących obszarów badawczych:**

- a) Mechanizmy determinujące aktywność przeciwutleniającą preparatów zawierających związki polifenolowe [RM1, P1, D1, D2].
- b) Zastosowanie dodatków zawierających polifenole w diecie kurcząt rzeźnych w roli potencjalnego czynnika bakteriostatycznego [P4, D3, D10].
- c) Wpływ dodatku ekstraktów roślinnych bogatych w związki polifenolowe na parametry produkcyjne oraz stabilność oksydacyjną mięsa kurcząt brojlerów [P3, P6, D5, D9].
- d) Optymalizacja dodatku naturalnych przeciwutleniaczy do mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt brojlerów [RM3, P7/**PC2**, P11/**PC3**, R1, D14, D16, D18, D20, D22, D23, D24].
- e) Uczestnictwo w realizacji tematów badawczych innych, niż wskazane w podpunktach a-d [P10, P12, p1, D6, D8, D13, D19].

Ad. a) Mechanizmy determinujące aktywność przeciwutleniającą preparatów zawierających związki polifenolowe.

Badania nad tym zagadnieniem rozpocząłem w 2007 r., w ramach pracy magisterskiej realizowanej pod kierunkiem Prof. dr hab. Janiny Gabrielskiej (Katedra Fizyki i Biofizyki, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu). Celem badań było ustalenie podstawowego mechanizmu determinującego aktywność przeciwutleniającą badanych substancji (ekstrakty polifenolowe dziurawca, kocanki, dwa rodzaje preparatów gryki oraz głogu, czyste związki polifenolowe, takie jak: rutyna, kwercetyna, epikatechina oraz kwas chlorogenowy), dla których oszacowałem: i) zdolność do inhibicji wolnego rodnika DPPH; ii) poziom utlenienia liposomów fosfatydylocholinowych w obecności badanych substancji w procesie peroksydacji indukowanej promieniowaniem UVC; iii) stałe dysocjacji badanych związków z błon liposomów, zgodnie z prawem Sterna-Volmera; iv) stopień wycieku karboksyfluoresceiny z liposomów pod wpływem badanych źródeł związków polifenolowych.

Wyniki badań dowiodły, że neutralizowanie wolnych rodników w przypadku większości badanych preparatów (poza kwercetyną) stanowiło podstawowy mechanizm ich działania przeciwutleniającego ($r = 0,97$). Mechanizm ten był wspierany w różnym stopniu także przez możliwość adsorpcji substancji polifenolowych obecnych w preparatach w błonach liposomów. Wytworzona w ten sposób bariera fizyczna zwiększała skuteczność ochrony wnętrza dwuwarstwy lipidowej przed atakiem reaktywnych form tlenu, nie wywołując w większości przypadków zaburzeń w jej strukturze (za wyjątkiem ekstraktów z gryki oraz kwercetyny). Rezultaty wskazały na ponadprzeciętną aktywność antyoksydacyjną kwercetyny (do 150-krotnie wyższą od jej glikozylowanej formy – rutyny), co było efektem zarówno silnej adsorpcji jej molekuł na powierzchni błon liposomów (około 28-krotnie wyższej niż u rutyny), jak również możliwości „zakotwiczenia” się jej molekuł w hydrofobowym wnętrzu błony. Mechanizm antyoksydacyjnego działania kwercetyny oraz wysoką aktywność antyoksydacyjną potwierdzały dane uzyskane przez innych autorów (Movileanu i wsp., 2000 [DOI:[10.1016/s0378-5173\(00\)00503-2](https://doi.org/10.1016/s0378-5173(00)00503-2)]; de Granada-Flor i wsp., 2019 [DOI:[10.1039/C8CC09656B](https://doi.org/10.1039/C8CC09656B)]). Rezultaty badań były prezentowane na konferencji naukowo szkoleniowej „Błony biologiczne” w Szklarskiej Porębie [D1], a następnie w roku 2009, na konferencji międzynarodowej „MendelNet'09 Agro Conference in Brno” [D2] (prelekcja wyróżniona 3. miejscem).

Szersze omówienie wyżej wymienionych wyników zawarłem w omówionej wyżej pracy [P1]. Publikacja [P1] stanowi ważne osiągnięcie poboczne, z uwagi na wykorzystanie parametru IC50 oraz ponadprzeciętnej aktywności antyoksydacyjnej kwercetyny w próbie optymalizacji dodatku tego flawonolu do mieszanek dla kurcząt brojlerów [PC2] i [PC3].

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

- [RM1] Sierżant K., Gabrielska J.: *Estimation of the antioxidative properties of the natural polyphenols in the oxidation process of model liposome membranes*. W: MendelNet'09 Agro: proceedings of International Ph.D. „MendelNet'09 Agro: proceedings of International Ph.D. Students Conference”, Mendel University in Brno, Republika Czeska, 25/11/2009, s.112-112, ISBN 978-80-7375-352-8. **7 pkt.**
- [P1] Sierżant K., Pyrkosz-Biardzka K., Gabrielska J., 2012. *Właściwości przeciwutleniające naturalnych ekstraktów polifenolowych z wybranych roślin w układach modelowych*. ŻYWNOSĆ - Nauka Technologia Jakość, 19(6):41-53. **IF: 0,190; 15 pkt.**

Doniesienia konferencyjne:

- [D1] Sierżant K., Pyrkosz-Biardzka K., Gabrielska J.: *Czy ziola i ziarna zbóż są dobrymi przeciwutleniaczami?* Konferencja naukowo-szkoleniowa: „Błony biologiczne”, Szklarska Poręba, 16-18/05/2008.

-
- [D2] **Sierżant K.**, Gabrielska J.: *Estimation of the Antioxidative Properties of the Natural Polyphenols in the Oxidation Process of Model Liposome Membranes*. „MendelNet'09 Agro: proceedings of International Ph.D. Students Conference”, Mendel University in Brno, Republika Czeska, 25/11/2009.

Ad. b) Zastosowanie dodatków zawierających związki polifenolowe w diecie kurcząt rzeźnych w roli potencjalnego czynnika bakteriostatycznego.

Prace nad tym zagadnieniem rozpocząłem w trakcie studiów doktoranckich, w ramach których, pod kierunkiem Prof. dr hab. Janusza Ordy, przeprowadziłem pierwsze doświadczenie żywieniowe na kurczętach brojlerach linii Hubbard Flex. Badaniem objąłem wówczas wpływ dodatku dwóch koncentracji (0,25 i 0,5%) ekstraktów polifenolowych rozmarynu, liścia oliwki oraz kory sosny na parametry wydajnościowe oraz status mikrobiologiczny jelita biodrowego kurcząt brojlerów. W doświadczeniu zastosowałem także dodatek kwercetyny, jednak aplikowany w ilości 10-krotnie niższej (0,025 oraz 0,05%), z uwagi na jej ponadprzeciętną aktywność przeciwutleniającą [P1].

Wyniki przeprowadzonych badań wskazały na brak poprawy podstawowych parametrów produkcyjnych kurcząt (BWG, FCR), lub nawet na ich pogorszenie w przypadku zastosowania ekstraktu rozmarynu. Pomimo braku istotnego działania testowanych dodatków na oceniany mikrobiom jelita biodrowego (bakterie grupy coli, *E. coli*, *Lactobacillus spp.*, *Clostridium spp.*, pleśnie i drożdże), na uwagę zasługiwała szczególnie wysoka redukcja jednostek tworzących kolonie u ptaków żywionych dodatkiem kwercetyny (−96% w przypadku bakterii z grupy coli; −79% u *E. coli*; −46% u *Lactobacillus spp.*; −11% u *Clostridium spp.*; 95% u pleśni i drożdży), pomimo niższego udziału tego flawonolu w diecie kurcząt [P4].

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

- [P4] **Sierżant K.**, Orda J., Korzeniowska M., Malicki A., 2019. *Effect of dietary supplementation with extracts of rosemary, olive leaves, pine bark and quercetin on selected performance indices of broiler chickens and microbiological status of their ileum*. *Medycyna Weterynaryjna*, 75(4):247-252. **IF: 0,280; 70 pkt.**

Doniesienia konferencyjne:

- [D3] **Sierżant K.**: *Evaluation of the selected polyphenolic extracts as natural growth promoters for broilers*. Konferencja naukowa: „Physiology and Biochemistry in Animal Nutrition IX Conference of Younger Researchers, Szczecin”, 16-19/09/2012.
- [D10] **Sierżant K.**, *Możliwość zastosowania dodatku ekstraktów polifenolowych w diecie kurcząt rzeźnych w roli potencjalnego czynnika bakteriostatycznego*. I Konferencja Młodych Naukowców: "Biotechnologia w produkcji zwierzęcej", Warszawa, 24-25/04/2014.

Ad. c) Wpływ dodatku ekstraktów roślinnych bogatych w związki polifenolowe na parametry produkcyjne oraz stabilność oksydacyjną mięsa kurcząt brojlerów.

Prace z tego obszaru zrealizowałem w latach 2011-2012, jako uzupełnienie cyklu badań przy realizacji pracy doktorskiej. Obejmowały one próbę wykorzystania testu DPPH w roli kryterium selekcji dodatków zawierających związki polifenolowe do diety kurcząt, w oparciu o ich zdolność do neutralizacji RFT. Najważniejszym wnioskiem z przeprowadzonych badań było udowodnienie możliwości istotnego obniżenia formacji MDA w chłodzonych lub mrożonych mięśniach uda kurcząt, dzięki aplikacji do ich diety mniejszej ilości ekstraktu czarnej porzeczki (2,5 g na kg paszy zamiast 5 g/kg), który charakteryzował się wyższym potencjałem antyoksydacyjnym [P6]. Rezultat ten wskazywał na użyteczność testu DPPH w roli wstępnego kryterium selekcyjnego preparatów roślinnych dodawanych do diety zwierząt. Obniżenie ilość ekstraktu czarnej porzeczki w diecie brojlerów skutkowało ograniczoną skutecznością inhibicji peroksydacji w mięśniach uda kurcząt, obserwowaną jedynie w próbach mrożonych 90 dni, niezależnie od długości okresu stosowania tego ekstraktu. W przypadku mięśni piersiowych kurcząt żywionych wyższą ilością ekstraktu czarnej porzeczki (2,5 g/kg paszy) i przez dłuższy okres odchowu (ostatnie 20 dni), zaobserwowałem także krótkotrwałe zwiększenie formacji MDA (próby mięśni po 24 h chłodzenia). Potencjalne działanie prooksydacyjne ekstraktu BC wyjaśniłem w oparciu o wykrycie w nim substancji mogących wykazywać właściwości prooksydacyjne (glukozydy cyjanidyny i malwidyny) [P3], jak również o dane literatury, wskazujące na możliwość interakcji polifenoli zdeponowanych w tkance mięśniowej z żelazem niehemowym. Wyniki zasygnalizowały konieczność podjęcia dalszych prac, związanych z optymalizacją dodatków zawierających polifenole w diecie zwierząt.

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

- [P3] **Sierżant K.**, Korzeniowska M., Król B., Orda J., Wojdyło A., 2018. *Oxidative stability of the meat of broilers fed diets supplemented with various levels of blackcurrant extract (Ribes nigrum L.) during different time period.* Journal of Chemistry, 3403975:1-9. **IF: 1,727; 20 pkt.**
- [P6] **Sierżant K.**, Korzeniowska M., Orda J., Wojdyło A., Gondret F., Półbrat T., 2021. *The effect of rosemary (Rosmarinus officinalis) and blackcurrant extracts (Ribes nigrum) supplementation on performance indices and oxidative stability of chicken broiler meat.* Animals, 11(4):1-12. **IF: 2,752; 100 pkt.**

Doniesienia konferencyjne:

- [D5] **Sierżant K.**, Zaik Z., Majewska-Pinda A., *Ekstrakty polifenolowe jako dodatki paszowe wpływające na poprawę jakości mięsa drobiowego.* „LXXVII Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego pod patronatem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Rektora Uniwersytetu

Przyrodniczego we Wrocławiu Zootechnika - przeszłość, teraźniejszość i przyszłość", Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 10-12/09/2012.

- [D9] **Sierżant K.**, *Wpływ wielkości dodatku ekstraktu z czarnej porzeczki (*Ribes nigrum L.*) do diety typu grower na parametry produkcyjne oraz stabilność oksydacyjną mięsa kurcząt brojlerów.* „Physiology and Biochemistry in Animal Nutrition: X Conference of Young Researchers”; The Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition. Kraków, 13-14/06/2013.

Ad. d) Optymalizacja dodatku naturalnych przeciwutleniaczy do mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt brojlerów.

W latach 2016-2019 zrealizowałem dwa projekty wewnętrzne, w trakcie których wdrożyłem w jednostce macierzystej protokoły analityczne wykorzystywane przeze mnie do kontynuacji badań (FRAP, ABTS, DPPH, TBARS), oraz wykonałem dwa eksperymenty z użyciem mieszanek paszowych, dla weryfikacji:

- możliwości wykorzystania procedur DPPH oraz FRAP do ujednoczenia aktywności dodatków przeciwutleniających, aplikowanych do mieszanek paszowych dla drobiu, na podstawie średniego ekwiwalentu aktywności antyoksydacyjnej Troloxu (TEAC);
- adaptacji i modyfikacji procedury TBARS, opartej na chemicznie indukowanej peroksydacji w układzie kwas askorbinowy : żelazo, do oznaczania aktualnego stanu utlenienia lipidów pasz oraz ich oporności na proces wymuszonej peroksydacji;
- dostosowania ww. procedury TBARS do testowania skuteczności przeciwutleniaczy w dyspersjach olejowych;
- walidacji wdrożonych procedur TBARS, obejmujących wyłonienie momentu terminacji peroksydacji lipidów pasz, testy na tłuszczach o różnej utlenialności oraz testy powtarzalności uzyskanych wyników;
- zaproponowania „ścieżki optymalizacji”, obejmującej: i) wstępne użycie procedur FRAP, ABTS i DPPH do eliminacji źródeł związków przeciwutleniających o niskiej aktywności; ii) wyłonienie efektywnej ilości antyoksydantu zapewniającego inhibicję wymuszonej peroksydacji w olejach na wybranych poziomach (np. IC50%, lub innym); iii) optymalizację dodatku przeciwutleniacza dostosowaną do utlenialności i ilości tłuszczu użytego w mieszance paszowej; iv) weryfikację skuteczności uzyskanej ochrony lipidów pasz w procedurze chemicznie stymulowanej peroksydacji w trakcie testów przechowalniczych.

Wyniki wykonanych badań zestawilem w rozdziale monografii, pt.: „*Livestock's products as a potential source of n-3 fatty acids: the benefits and risks related to an enrichment of animal diet in polyunsaturated fatty acids and antioxidants*” [RM3] (Załącznik nr 5). Wskazałem w nim na możliwość wystąpienia działania prooksydacyjnego ekstraktów zawierających związki

polifenolowe w samych mieszankach paszowych, a także na konieczność weryfikacji rzeczywistej skuteczności antyoksydantów w środowiskach lipidowych. Rezultaty badań prezentowałem na Sesjach Naukowych Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk w Lublinie [D14] i w Krakowie [D18], oraz na I Konferencji Naukowej: „Kwasy tłuszczowe w łańcuchu żywności” we Wrocławiu [D16].

W roku 2018 uzyskałem dofinansowanie z Narodowego Centrum Nauki na realizację pojedynczego działania badawczego pt.: „Ocena możliwości uzyskania mięsa drobiowego o podwyższonym udziale kwasów n-3 i zwiększonej stabilności oksydacyjnej, dzięki optymalizacji dodatku naturalnego przeciwutleniacza do pasz zawierających skoncentrowane źródło WNKT n-3” [Miniatura 2, nr: 2018/02/X/NZ9/02467]. Celem działania było przetestowanie skuteczności procesu optymalizacji naturalnego przeciwutleniacza na kurczętach brojlerach, poprzez kontrolowane zablokowanie peroksydacji lipidów pasz o różnym stopniu utlenialności na poziomie około 50%. Do realizacji zadania badawczego utworzyłem oraz koordynowałem zespół badawczy, w skład którego wchodził samodzielni pracownicy naukowo-dydaktyczni, doktoranci oraz studenci, odpowiedzialni lub współodpowiedzialni za wybrane etapy prac. Realizacja eksperymentu została zaplanowana i wykonana w oparciu o zasady organizacyjne i logistyczne stosowane w Centrum Badawczym UMR PEGASE.

Wyniki z ww. działania wskazałem jako osiągnięcia habilitacyjne [PC2] oraz [PC3]. Koncepcję badań oraz uzyskane wyniki, prezentowałem na licznych konferencjach o zasięgu krajowym lub międzynarodowym [R1, D22, D23, D24], w latach 2019-2023.

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

- [RM3] Sierżant K.: *Livestock's products as a potential source of n-3 fatty acids: the benefits and risks related to an enrichment of animal diet in polyunsaturated fatty acids and antioxidants*. W: *Kwasy tłuszczowe w łańcuchu żywności* / Bodkowski Robert, Knecht Damian, Czyż Katarzyna (red.), 2018, Wrocław, Fundacja Lumina Cordis, s.140-159, ISBN 978-83-951124-0-9. **5 pkt.** (Załącznik nr 5).
- [P7] [PC2] Sierżant K., Korzeniowska M., Półbrat T., Rybarczyk A., Smoliński J., 2022. *The use of an optimised concentration of quercetin limits peroxidation of lipids in the meat of broiler chickens fed a diet containing flaxseed oil rich in omega-3*. *Animal*, 16:100603:1-10. **IF: 3,60; 200 pkt.**
- [P11] [PC3] Sierżant K., Piksa E., Konkol D., Lewandowska K., Asghar M., 2023. *Performance and antioxidant traits of broiler chickens fed with diets containing rapeseed or flaxseed oil and optimized quercetin*. *Scientific Reports*, 13:14011:1-13. **IF: 4,6; 140 pkt.**

Doniesienia konferencyjne:

- [D14] Sierżant K., Burek A., Pogoda-Sewerniak K., Chorążyczewska A., Słowińska A., Hikawczuk T., Szuba-Trznadel A., Orda J.: *Wpływ dodatku naturalnych źródeł przeciwutleniaczy oraz różnej*

temperatury przechowywania na stabilność oksydacyjną mieszanek pełnoporcjowych dla kurcząt brojlerów. „XLVI Sesja Naukowa Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk”, Lublin, 21-23/06/2017.

- [D16] **Sierżant K.:** *Livestock's products as a potential source of n-3 fatty acids: the benefits and risks related to an enrichment of animal diet in polyunsaturated fatty acids and antioxidants.* I Konferencja Naukowa: „Kwasy tłuszczowe w łańcuchu żywności”, Rolnicze Centrum Kongresowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 5-6/07/2018.
- [D18] **Sierżant K.:** Wiliczekiewicz A., Piksa E., Półbrat T., Hikawczuk T.: *Wpływ zastosowania różnych źródeł tłuszczu na stabilność oksydacyjną mieszanek dla drobiu w trakcie krótkoterminowego przechowywania.* „XLVII Sesja Naukowa Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk”, Kraków, 27-29/06/2018.
- [R1] **Sierżant K.:** *Quercetin: the avant-garde in the world of natural antioxidants.* Food for Health International Conference (FOHIC 2019), Wrocław, 09-12/11/2019 r.
- [D20] Rybarczyk A., **Sierżant K.**, Szuba-Trznadel A.: *Wpływ oleju lnianego oraz zoptymalizowanego dodatku kwercetyny w diecie kurcząt rzeźnych na wybrane cechy jakościowe mięsa drobiowego.* Międzynarodowa Konferencja naukowa „Środowisko – zwierzę – człowiek” połączona z obchodami 20-lecia czasopisma Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, 14/10/2021.
- [D22] **Sierżant K.**, Korzeniowska M.: *The use of an optimized concentration of quercetin in diets of broilers containing flaxseed oil allow for obtaining omega-3 enriched broiler chicken meat without alteration its oxidative stability.* „Proceedings of the 9th International Conference on the Quality and Safety in Food Production Chain”, Wrocław, 15-16/09/2022.
- [D23] **Sierżant K.**, Piksa E., Konkol D., Asghar M.: *Optimization of antioxidants in the diet of broiler chickens: effects on performance and redox status.* „XLIX Sesja Naukowa Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury”, Lublin, 25-27/09/2023.
- [D24] **Sierżant K.**, Korzeniowska M.: *Optimalizacja dodatku naturalnych przeciwutleniaczy w dietach kurcząt brojlerów o zwiększonym udziale kwasów n-3, na przykładzie kwercetyny.* „XLIX Sesja Naukowa Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury”, Lublin 25-27/09/2023.

Ad. e) Uczestnictwo w realizacji tematów badawczych innych, niż wskazane w punktach a-d.

Uczestnictwo w zakończonych projektach badawczych:

- ❖ **Projekt NCBiR:** Współwykonawca części eksperymentalnej (doświadczenie żywieniowe na kurczętach brojlerach) projektu pt. „*Biotransformacja i rafinacja kaskadowa sruły roślin oleistych w celu uzyskania polimerów, surfaktantów i komponentów paszowych*”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju [POIR.01.02.00-00-0064/17].

Celem zadania była poprawa wartości pokarmowej śruty rzepakowej oraz ocena możliwości jej zastosowania w żywieniu drobiu w roli alternatywy dla poekstrakcyjnej śruty sojowej.

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

— [P10] Konkol D., Jonuzi E., Popiela E., **Sierżant K.**, Korzeniowska M., Leicht K., Gumowski M., Krasowska A., Łukaszewicz M., Korczyński M., 2023. *Influence of solid state fermentation with Bacillus subtilis 67 strain on the nutritional value of rapeseed meal and its effects on performance and meat quality of broiler chickens*. Poultry Science, 102(7):102742:1-11. **IF: 4,4; 140 pkt.**

❖ **Projekt MNiSW:** Wykonawca części analitycznej dotyczącej oceny mechanizmów antyoksydacyjnych preparatów roślinnych w projekcie pt. „*Opracowanie i zastosowanie preparatu opartego o naturalne składniki roślinne w profilaktyce odchowu brojlera kurzego*”, realizowanym w ramach „Doktoratu wdrożeniowego” oraz finansowanym przez Ministerstwo Nauki i szkolnictwa Wyższego [DWD/3/52/2019]. Celem badań było określenie wpływu preparatów ziołowych na wydajność, jakość mięsa oraz morfologię jelit i narządów limfatycznych kurcząt brojlerów. Niniejszy projekt został zrealizowany we współpracy z firmą AdiFeed Sp. z o.o., dla której wykonałem ekspertyzę aktywności antyoksydacyjnej 16. prób preparatów roślinnych.

❖ **Projekt wewnętrzny:** Współwykonawca części eksperymentalnej (doświadczenie żywieniowe na kurczętach brojlerach) projektu pt. „*Wykorzystanie wysokobiałkowych drożdży spirytusowych w efektywnej produkcji mięsa drobiowego wysokiej jakości.*” Program „Mistrz” [N090/0008/21]. Celem badań było określenie wpływu modyfikacji stosowanej paszy przeznaczonej dla kurcząt brojlerów poprzez różny dodatek suszonych drożdży spirytusowych na mikrobiom przewodu pokarmowego, wyniki produkcyjne, jakość i właściwości funkcjonalne mięsa oraz status antyoksydacyjny.

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

— [P12] Rybarczyk R., Bogusławska-Wąs E., **Sierżant K.**, Tobolska I., 2023. *The impact of distillers dried yeast on the fecal microbiome and production performance of broiler chickens*. Agriculture (Switzerland), 13:2099:1-17. **IF: 3,6; 140 pkt.**

Aktualne uczestnictwo lub realizacja projektów badawczych:

❖ **Projekt NCBiR:** Wykonawca oraz autor Etapu 4. wniosku dla projektu Lider, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju [LIDER/44/0228/L-12/20/NCBR/2021], pt.: „*Opracowanie biotechnologicznej produkcji waniliny z wykorzystaniem produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego*”.

Celem projektu jest opracowanie biotechnologicznej produkcji naturalnej waniliny z oraz wybór surowca o najwyższym uzysku waniliny. Etap 4. obejmuje prześledzenie zmian w składzie młóta browarnianego, wyselekcjonowanego z uwagi na najwyższą efektywność produkcji waniliny, w celu zaproponowania możliwości zagospodarowania powstałego produktu ubocznego w żywieniu zwierząt. Projekt jest realizowany we współpracy z firmą JAR Aromaty sp. z o.o., zainteresowaną komercyjnym wdrożeniem opracowanej technologii pozyskania naturalnej waniliny.

❖ **Projekt NCN:** Współwykonawca części eksperymentalnej projektu „*Określenie immunomodulacyjnych właściwości lewanu jako dodatku paszowego dla drobiu*” (doświadczenie żywieniowe na kurczętach brojlerach), finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (PRELUDIUM) [2021/41/N/NZ9/00696]. Projekt celuje w określenie optymalnego udziału lewanu w żywieniu drobiu, w oparciu o parametry produkcyjne, parametry jakościowe jaj i mięsa oraz parametry zdrowotne kurcząt brojlerów i kur nieśnych.

Od momentu rozpoczęcia studiów doktoranckich w roku 2009, jestem zaangażowany w prace badawcze i organizacyjne Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, jak również w badania zlecone (projekt „*The effects of enzyme addition to broiler chicken*” [WOL.NI.4211.UK.13/3-Z/2016], na zlecenie ADISSEO France SAS). Uczestniczyłem m.in. w realizacji podzadania nr 4.7. Grantu Unijnego, wykonanego w ramach projektu „*BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego*”. Podzadanie ww. grantu obejmowało „*Wzbogacanie treści jaj w wybrane składniki bioaktywne – jod i selen*”, stanowiąc część projektu pt.: „*Pozyskiwanie mięsa drobiu i jaj o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej spełniających kryteria żywności funkcjonalnej*” [D6, D8]. Brałem również udział w badaniach nad zastosowaniem komponentów zbożowych oraz łuski owsianej [P8, D13, D19], jako źródła nierozpuszczalnego błonnika pokarmowego w żywieniu kurcząt brojlerów, a także w pracach dotyczących wykorzystania drożdży gorzelnicznych i piwnych w diecie kurcząt [p1]. Od 2021 r. jestem członkiem wiodącego zespołu badawczego: „*Drobiarstwo – od pola do stołu DroPOWER*”, w ramach którego uczestniczę we wskazanych wyżej projektach, finansowanych ze źródeł zewnętrznych.

Prace opublikowane z tego obszaru badawczego:

— [P8] Wróblewska P., Hikawczuk T., **Sierżant K.**, Wiliczkiewicz A., Szuba-Trznadel A., 2022. *Effect of oat hull as a source of insoluble dietary fibre on changes in the microbial status of gastrointestinal tract in broiler chickens*. *Animals*, 12(19):2721:11-14.

-
- [p1] Możanowicz N., Król B., Słupczyńska M., Hikawczuk T., Sierżant K., Wilk M., 2018. *Cechy metryczne przewodu pokarmowego oraz efekty produkcyjne kurcząt rzeźnych żywionych mieszankami pełnoporcjowymi zawierającymi drożdże gorzelnicze i piwne*. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 542:122-131.

Doniesienia konferencyjne:

- [D6] Orda J., Wiliczekiewicz A., Słupczyńska M., Jamroz D., **Sierżant K.**: *Wpływ różnych form selenu na parametry produkcyjne kur niosek*. XXXXI Sesja Naukowa Komisji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych Polskiej Akademii Nauk, Tarnowo Podgórne k. Poznań, 26-28/09/2012 r.
- [D8] Orda J., Wiliczekiewicz A., Słupczyńska M., Jamroz D., **Sierżant K.**: *Influence of various selenium sources on laying hens performance*. Konferencja naukowa: "19 Međunarodno savjetovanje Krmiva 2012: zbornik sažetaka Opatija", Krmiva, Zagreb, 30/05-01/06/2012.
- [D13] Hikawczuk T., Szuba-Trznadel A., Wiliczekiewicz A., Sierżant K., Słowińska-Krzesaj A., Sobolewska S., Xue L., Orda J.: *Zastosowanie różnych komponentów bogatych w węglowodany strukturalne jako źródła dodatkowego włókna pokarmowego w mieszankach treściwych dla kurcząt brojlerów na wyniki produkcyjne i rozwój przewodu pokarmowego*. „XLVI Sesja Naukowa Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk”, Lublin, 21-23/06/2017.
- [D19] Hikawczuk T., Wiliczekiewicz A., Szuba-Trznadel A., Sierżant K., Pilarski J.: *Wpływ zastosowania różnych komponentów zbożowych i łuski owsianej w mieszankach dla kurcząt brojlerów na skład wybranych mikroorganizmów i pH w wolu oraz jelicie cienkim*. „XLVII Sesja Naukowa Sekcji Żywienia Zwierząt Komitetu Nauk Zootechnicznych i Akwakultury Polskiej Akademii Nauk”, Kraków, 27-29/06/2018.

W ramach realizowanych prac badawczych pozyskiwałem fundusze na zakup sprzętu laboratoryjnego oraz wdrażanie nowych procedur dla poprawy jakości i innowacyjności badań realizowanych w jednostce. W wyniku podjętych działań utworzyłem sekcję biochemiczną naszego Laboratorium, w ramach której sukcesywnie wdrażam nowe techniki badawcze z zakresu oceny mierników antyoksydacyjnych w materiale roślinnym (w tym pasze) oraz w zwierzęcym (FRAP, ATBS, CAT, SOD, metoda Folina-Ciocalteu, TBA/TBARS, oznaczanie białka metodą Bradforda) oraz procedury logistyczne i zasady postępowania z materiałem badawczym. Działania te umożliwiły m.in.: i) realizację prac dyplomowych studentom; ii) wykonanie pracy doktorskiej, której byłem promotorem pomocniczym, uwzględniającej mierniki antyoksydacyjne krwi; iii) opracowanie koncepcji optymalizacji naturalnych przeciwutleniaczy, rozszerzenie współpracy z otoczeniem gospodarczym (ekspertyzy), iv) uzyskanie i wykonanie grantu NCN (Miniatura 2).

W roku 2023, we współpracy z Biblioteką Główną UPWr wzięłem czynny udział w poszerzeniu zbiorów bibliotecznych o najnowszą edycję oficjalnych metod analiz: „Official

Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (OMA)” 22. Edycja opracowania (2023). Normy te pozwolą na aktualizację bieżących procedur analitycznych pasz, jak również na wprowadzenie nowych, zgodnie z obowiązującymi międzynarodowymi standardami.

Obok regularnych prac badawczych, biorę aktywny udział w recenzowaniu manuskryptów w czasopiśmie naukowych. Listę czasopism wraz z liczbą wykonanych recenzji (łącznie 33) umieściłem w Załączniku nr 4.

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

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Drugim, obok działalności naukowej, filarem aktywności związanej z pełnieniem obowiązków adiunkta jest proces dydaktyczny, który realizuję od drugiego roku studiów doktoranckich. Filar ten obejmuje głównie przedmioty związane z żywieniem zwierząt, jednak znaczący akcent kładziony jest także na część laboratoryjną, związaną z analizowaniem aktywności antyoksydacyjnej pasz oraz produktów żywnościowych. Istotnym elementem tej części jest wykorzystanie w procesie dydaktycznym nowoczesnego drobnego sprzętu laboratoryjnego oraz aparatury badawczej (m.in. spektrofotometru mikroplótkowego Biotek EPOCH2). Umożliwia to studentom pracę z urządzeniami niewykorzystywanymi w ramach innych zajęć oraz pozwala na zdobycie cennych umiejętności z zakresu oznaczeń mierników antyoksydacyjnych w produktach żywnościowych oraz w paszach. Wybrane przedmioty obejmują wyjazdy studyjne do Wrocławskich Zakładów Zielarskich "Herbapol" S.A.

6.1.1. Wykaz prowadzonych zajęć

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, kierunek Zootechnika:

- **Podstawy żywienia zwierząt:** przedmiot obligatoryjny, realizowany w formie wykładów oraz ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych, dla studentów I stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych.
- **Żywienie zwierząt i paszoznawstwo:** przedmiot obligatoryjny, realizowany w formie wykładów oraz ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych, dla studentów I stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych.
- **Składniki biologicznie czynne (przedmiot autorski):** przedmiot fakultatywny, którego jestem koordynatorem, realizowany w formie wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych, dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia.

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, kierunek Biologia Człowieka:

- **Wybrane substancje biologicznie czynne w życiu człowieka (przedmiot autorski):** przedmiot fakultatywny, którego jestem koordynatorem, realizowany w formie wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych, dla studentów studiów stacjonarnych I stopnia.

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, kierunek Bezpieczeństwo Żywności:

- **Substancje biologicznie czynne w żywności (przedmiot autorski):** przedmiot fakultatywny, którego jestem koordynatorem, realizowany w formie wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych dla studentów studiów stacjonarnych I stopnia.

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, kierunek Bioinformatyka:

- **Planowanie Eksperymentów:** przedmiot obligatoryjny realizowany w formie wykładów oraz ćwiczeń audytoryjnych (w pracowni komputerowej, z wykorzystaniem oprogramowania TIBCO Statistica), dla studentów studiów stacjonarnych I stopnia.

Wydział Medycyny Weterynaryjnej, kierunek Weterynaria:

- **Żywnienie Zwierząt i Paszoznawstwo:** przedmiot obligatoryjny, realizowany w formie wykładów (w zastępstwie) oraz ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych, dla studentów studiów jednolitych stacjonarnych i niestacjonarnych.

Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, kierunek Rolnictwo:

- **Fizjologia i żywienie zwierząt:** przedmiot obligatoryjny, realizowany z formie ćwiczeń audytoryjnych, dla studentów studiów niestacjonarnych I stopnia.

6.1.2. Opieka naukowa nad studentami i doktorantami

- **2019-2024 r.:** Funkcja promotora 4. prac inżynierskich na kierunkach Zootechnika i Bezpieczeństwo Żywności, oraz 1. pracy magisterskiej w j. angielskim, realizowanej w ramach studiów polsko-chińskich, na kierunku Animal Science, specjalność: Animal production management – Chinese and European circumstances.
- **2018-2023 r.:** Funkcja promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Dr inż., Elizy Piksy. Tytuł pracy: *„Wpływ dodatku β -karotenu do dawek pokarmowych dla krów w okresie okołoporodowym na jakość siary, wybrane parametry biochemiczne krwi oraz wyniki odchowu cieląt”*. Data obrony: 15/12/2023 r. Data nadania stopnia doktora: 19/12/2023 r.

W okresie od 2017 do 2023 r. byłem recenzentem 6. prac inżynierskich oraz 12. prac magisterskich, na kierunkach Zootechnika, Bioinformatyka oraz Biologia.

6.1.3. Opieka nad stażystami zagranicznymi oraz praktykantami w Laboratorium Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa

- **2019 r.:** Opieka nad doktorantką z Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Biologie si Nutritie Animala (Rumunia) odbywającą staż naukowy w Katedrze Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa UPWr (pobył 30-dniowy), w ramach programu "*International scholarship exchange of PhD candidates and academic staff*" [POWR.03.03.00-IP.08-00-P13/18]. Cel stażu obejmował oznaczenie zawartości kwasu askorbinowego w szczawiu, borówce czarnej, rokitniku zwyczajnym oraz w mieszankach paszowych.
- **2017-2022 r.:** Prowadzenie szkoleń stanowiskowych oraz opieka nad studentami wykonującymi praktyki lub prace dyplomowe w Laboratorium Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa (5 osób).

W ramach realizowanej działalności dydaktycznej, w roku 2018 uzyskałem dofinansowanie z budżetu KNOW (na lata 2014-2018) na zakup aktualizacji 20 licencji oprogramowania Mroczko WinPasze PRO MAX na preferencyjnych warunkach, które do chwili obecnej jest wykorzystywane w procesie dydaktycznym na kierunkach Zootechnika oraz Medycyna Weterynaryjna.

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

6.2.1. Organizacja konferencji

- **2016 r.:** Pomoc w organizacji konferencji naukowej: „*Rational Livestock Nutrition in Rural Areas LiveNutrition International Conference*”, połączonej z Jubileuszem 45-lecia pracy naukowo-dydaktycznej Prof. dr hab. Stefanii Kinal. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt; 23/09/2016 r., Wrocław.

Mój udział w organizacji ww. konferencji obejmował:

- prace związane z organizacją konferencji;
- współautorstwo w przygotowaniu albumu jubileuszowego: **Sierżant K.**, Bodarski R., Jamroz D., Król B., 2016. "*Jubileusz Profesor dr hab. Stefanii Kinal*". 24 strony;
- przygotowanie prezentacji jubileuszowej Profesor dr hab. Stefanii Kinal, wygłoszonej przez Prof. dr hab. Dorotę Jamroz.

- **2019 r.:** Pomoc w organizacji międzynarodowej konferencji naukowej „*Food for Health International Conference*” (FOHIC 2019), połączonej z Jubileuszem 80-lecia Prof. dr hab. dr h.c., dr h.c. Doroty Jamroz, 9-11/10/2019 r., Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Wrocław.

Mój udział w organizacji ww. konferencji obejmował:

- prace związane z organizacją konferencji;
 - przygotowanie albumu jubileuszowego autorstwa: Kubizna J. (pośmiertnie), Kubizna J., **Sierżant K.**, 2019. „*Profesor dr hab., dr h.c., dr h.c. Dorota Jamroz*”; 119 stron;
 - przygotowanie prezentacji jubileuszowej profesor dr hab., dr h.c., dr h.c. Dorota Jamroz, wygłoszonej przez Prof. dr hab. Stefanię Kinal.
- **2023 r.:** Pomoc w organizacji międzynarodowej konferencji naukowej XXXIII Międzynarodowe Sympozjum Drobiarskie PB WPSA „Nauka Praktyce – Praktyka Nauce”, 20-22 września 2023 r., Wrocław, Polska.
- Mój udział w organizacji ww. konferencji obejmował:
- Prace związane z organizacją konferencji.

6.2.2. Udział w pracach Komisji Wydziałowych lub Uczelnianych

- **2017-2019 r.:** Członek Komisji Programowej dla kierunku Biologia Człowieka na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.
- **2019-2021 r.:** Członek Kierunkowej Komisji ds. zapewnienia jakości kształcenia na kierunku Zootechnika na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.
- **Od 2020 r.:** Członek Komisji ds. Bezpieczeństwa i Higieny Pracy w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu.
- **Od 2020 r.:** Członek Uczelnianej Komisji Dyscyplinarna dla Studentów w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu.
- **Od 2022 r.:** Członek Wydziałowego Zespołu ds. Dobrostanu Zwierząt na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.

6.2.3. Inne formy działalności organizacyjnej:

- **2016-2019 r.:** Wydziałowy Koordynator ECTS ds. kierunku Biologia Człowieka na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.
- **2017 r.:** Członek Komisji Uczelnianej NSZZ Solidarność: pełnienie funkcji sekretarza oraz skarbnika.
- **2017-2024 r.:** Opiekun roku kierunku Zootechnika, studia niestacjonarne (rocznik 2017/2018).
- **2018 r.:** Udział w pracach Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.

- **2018 r.:** Współautor Raportu Samooceny Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr dla kierunku Biologia Człowieka (studia stacjonarne).
- **2019 r.:** Funkcja sekretarza w postępowaniu konkursowym na stanowisko profesora nadzwyczajnego UPWr w Katedrze Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt.
- **2019 r.:** Przygotowanie dokumentacji oraz wniosku do Lokalnej Komisji Etycznej do Spraw Doświadczeń na Zwierzętach we Wrocławiu (w tym reprezentacja przed Komisją), dla potrzeb projektu pt. „*Opracowanie technologii produkcji innowacyjnego środka żywienia wysokowydajnych krów mlecznych*”, realizowanego w ramach Dolnośląskiego Bonu na Innowacje.
- **Od 2020 r.:** Funkcja Społecznego Inspektora Pracy na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.
- **Od 2018 r.:** Opiekun sal dydaktycznych w Katedrze Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.
- **2022 r.:** Członek Komisji Konkursowej ds. wyłonienia najlepszej pracy magisterskiej z zakresu żywienia zwierząt, w konkursie organizowanym przez Katedrę Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa UPWr oraz firmę GUMPASZ Marcin Gumowski.
- **Od 2022 r.:** Członek Rady Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo z grupy pracowników niesamodzielných.
- **2022–2023 r.:** Dwukrotny członek Komisji Skrutacyjnej w Radzie Dyscypliny Zootechnika i Rybactwo Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt.
- **2023 r.:** Członek Jury ds. Oceny Posterów, w ramach XXVII Międzynarodowej Konferencji Studenckich Kół Naukowych w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu (11–12/05/2023 r.).
- **2023 r.:** Funkcja pomocnicza w protokołowaniu w postępowaniu doktorskim na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr.
- **2024 r.:** Funkcja przewodniczącego zebrania dotyczącego wyborów kolegium elektorów, wydziałowego kolegium elektorów oraz senatorów na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt, dotyczącego wyborów elektorów.

6.3. Osiągnięcia popularyzatorskie

- **2010 r.:** Reprezentowanie Uczelni oraz promocja kierunków studiów na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr, w ramach Targów Edukacyjnych „Wrocławski Indeks”.

-
- **2011 r.:** Reprezentowanie Uczelni oraz promocja kierunków studiów na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt UPWr, w ramach Targów Edukacyjnych „Wrocławski Indeks”.
 - **2016 r.:** Tłumaczenie na język polski broszury informacyjnej promującej międzynarodowy projekt badawczy Feed-a-Gene, finansowany z programu UE Horyzont 2020 (H2020), w ramach umowy o dofinansowanie nr 633531. Broszura dostępna jest na stronie: <https://www.feed-a-gene.eu/media/brochures>.
 - **2021 r.:** Autor 18. materiałów dydaktycznych, w tym 8. nagrań wideo, promujących wiedzę z zakresu przeciwutleniaczy oraz podstawowych technik oznaczania ich aktywności antyoksydacyjnej, opublikowanych w sekcji „Multimedia” w Bazie Wiedzy UPWr.
 - **2023 r.:** Warsztaty dla uczniów Technikum TEB we Wrocławiu. Tematyka warsztatów: wykorzystanie antyoksydantów w żywieniu zwierząt, połączone z częścią praktyczną, z zakresu oceny aktywności antyoksydacyjnej wybranych produktów żywnościowych, realizowaną w Laboratorium Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa.
 - **2024 r.:** Warsztaty dla podopiecznych Powiatowego Środowiskowego Domu Samopomocy w Kątach Wrocławskich. Tematyka warsztatów: wolne rodniki oraz antyoksydanty w życiu człowieka, połączone z częścią praktyczną, z zakresu oceny aktywności antyoksydacyjnej soków owocowych, realizowaną w Laboratorium Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa.

Współautorstwo w artykułach popularno-naukowych

- Król B., **Sierzant K.**, Słupczyńska M., 2019. „*Biegunki u cieląt. Zapobieganie i leczenie*”. AgroBydło, ISSN 2392-3539, vol. 2, s. 44-46.
- Michałak M., **Sierzant K.**, 2024. „*Produkcja jaj w Polsce*”. Hodowca drobiu, ISSN 1425-963X, vol. 319, nr 1, s. 36-41.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

7.1. Udział w kursach i szkoleniach

- **22/10/2010 r.:** Szkolenie pt. „*Mechanizmy zachowań zwierząt oraz możliwości ich modelowania*”, organizowane przez Katedrę Rozrodu z Kliniką Zwierząt Gospodarskich, Zakład Immunologii i Prewencji Weterynaryjnej, Wydział Medycyny Weterynaryjnej UPWr oraz Dolnośląską Izbę Lekarsko-Weterynaryjną.

-
- **13/12/2011 r.:** Szkolenie pt. *„Nauki przyrodnicze a gospodarka. Przedsiębiorczość akademicka a jakość życia”*, zorganizowane w ramach projektu *„Twoja Wiedza. Twoja Firma. Zarzuć sieci współpracy”*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej, w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Priorytet VIII.
 - **23/02/2012 r.:** Konferencja *„Nauka i gospodarka. Przedsiębiorczość akademicka a jakość życia”*, inaugurująca projekt *„Twoja Wiedza. Twoja Firma. Zarzuć sieci współpracy”*.
 - **26-27/05/2012 r.:** Szkolenie z *„Odnawialnych źródeł energii”*, organizowane przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
 - **23/05/2012 r.:** Szkolenie pt. *„Jak napisać wniosek do 7. Programu Ramowego – priorytet Żywność, Rolnictwo, Biotechnologia”*, organizowane przez Regionalny Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE przy Centrum Transferu Technologii PWr.
 - **25/11/2013 r.:** Szkolenie z zakresu *„Innowacyjnych technologii w Polsce”*, zrealizowane w ramach projektu *„Postępowanie formalne, komercjalizacja i edukacja w zakresie patentowania wynalazków w dziedzinie Nanotechnologii”*, dofinansowanego przez NCBiR, w ramach *„PATENT PLUS – wsparcie patentowania wynalazków”*.
 - **26/04/2016 r.:** Szkolenie pt. *„Indywidualne stypendia wyjazdowe – działania Marie Skłodowska Curie”*, organizowane przez Regionalny Punkt Kontaktowy przy Wrocławskim Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej.
 - **5-7/06/2017 r.:** Szkolenie dla osób wykonujących procedury, organizowane przez Zespół Doradczy ds. Dobrostanu Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
 - **20/02-15/05/2017 r.:** Szkolenie dla osób odpowiedzialnych za planowanie procedur i doświadczeń oraz za ich przeprowadzenie; dla osób wykonujących procedury; dla osób uczestniczących w wykonywaniu procedur, organizowane przez Wydziałowy Zespół ds. Dobrostanu Zwierząt Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
 - **07/03/2018 r.:** Szkolenie z zakresu udzielania pierwszej pomocy, organizowane przez REDMED.
 - **13-14/12/2018 r.:** *„Szkolenie z zakresu wdrażania Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce dla przedstawicieli związków zawodowych”*, organizowane w ramach projektu *„Liderzy w zarządzaniu uczelniami”*, realizowanego w ramach III osi priorytetowej Programu Operacyjnego Wiedza Rozwój, w Warszawie.

- 08/12/2023 r.: Szkolenie pt. „Społeczny inspektor pracy w szkolnictwie wyższym i instytutach badawczych”, organizowane przez Krajową Sekcję Nauki NSZZ "Solidarność", Wrocław.

7.2. Nagrody i wyróżnienia

Za swą działalność naukową oraz organizacyjną zostałem uhonorowany szeregiem nagród:

- 2009 r.: Nagroda III stopnia za prezentację ustną w sekcji Technologia Żywności na IX Konferencji Agronomicznej MendelAgroNet (Republika Czeska).
- 2017 r.: Nagroda główna w III edycji międzynarodowego konkursu NorFeed Award 2017, za pracę doktorską dotyczącą wykorzystania związków polifenolowych w żywieniu zwierząt (Angers, Francja).
- 2018 r.: Nagroda Rektora zespołowa II stopnia dla nauczycieli akademickich za osiągnięcia organizacyjne, w szczególności za przygotowanie raportu samooceny dla Państwowej Komisji Akredytacyjnej na kierunku studiów Biologia Człowieka.
- 2020 r.: Nagroda Rektora indywidualna II stopnia dla nauczycieli akademickich za osiągnięcia naukowe.
- 2020 r.: Nagroda Rektora zespołowa II stopnia dla nauczycieli akademickich za osiągnięcia organizacyjne.
- 2020 r.: Nagroda Rektora indywidualna III stopnia dla nauczycieli akademickich za osiągnięcia organizacyjne.
- 2023 r.: Wyróżnienie okładką zeszytu publikacji: Goluch Z., Okruszek A., Sierżant K., Wierzbicka-Rucińska A., 2023. *The influence of wheat germ expeller on performance and selected parameters of carbohydrate, lipid, and protein metabolism in blood serum for broilers*. Agriculture (Switzerland), 13(4):753:1-14.
- 2023 r.: Nagroda Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (dodatek projektowy) za najwyższą efektywność w publikowaniu prac naukowych za rok 2022.



.....

(podpis wnioskodawcy)