

AUTOREFERAT

dr Renata Pyz-Łukasik

Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia

Wydział Medycyny Weterynaryjnej

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

LUBLIN 2019

1. Imię i nazwisko

Renata Pyz-Łukasik

2. posiadane tytuły zawodowe i stopnie naukowe

- 2004 doktor nauk weterynaryjnych
na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Zmienność zanieczyszczenia bakteryjnego
mięsa i narządów wewnętrznych królików w zależności od pochodzenia surowca
i czasu jego przechowywania”
Akademia Rolnicza w Lublinie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej
- 1995 lekarz weterynarii
Akademia Rolnicza w Lublinie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

- 01.03.2006 do chwili obecnej adiunkt
Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia,
Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
(do 10.04.2008 r. Akademia Rolnicza w Lublinie)
- 24.06.2004 - 28.02.2006 asystent ze stopniem dr n. wet.
- 01.12.1996 - 23.06.2004 asystent

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (j.t. Dz. U. z 2017r. poz. 1789 ze zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Wartość odżywcza i bezpieczeństwo dla zdrowia konsumentów amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego

Publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe

4.1.1. **Pyz-Łukasik R.**, Paszkiewicz W.: „Species variations in the proximate composition, amino acid profile, and protein quality of the muscle tissue of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish”, *Journal of Food Quality*, vol. 2018, Article ID 2625401, 8 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2625401>.

IF₂₀₁₇ 0.841, 20 pkt

4.2.2. **Pyz-Łukasik R.**, Kowalczyk-Pecka D.: „Fatty acid profile of fat of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish”, *Journal of Food Quality*, vol. 2017, Article ID 5718125, 6 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/5718125>.

IF₂₀₁₇ 0.841, 20 pkt

4.3.3. **Pyz-Łukasik R.**, Paszkiewicz W.: „Microbiological quality of farmed grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish from Eastern Poland”, *Journal of Veterinary Research*, 62, 145-149, 2018.

IF₂₀₁₇ 0.811, 20 pkt

4.4.4. **Pyz-Łukasik R.**, Chałabis-Mazurek A.: „Content of macro- and microelements in the muscles of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon and wels catfish from eastern Poland”, *Journal of Elementology*, 24(1), 221-232, 2019. doi:10.5601/jelem.2018.23.2.1656

IF₂₀₁₇ 0.684, 15 pkt

4.5.5. **Pyz-Łukasik R.**, Chałabis-Mazurek A.: „Content of Hg, Pb and Cd in the muscles of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon and wels catfish from eastern Poland”, *Journal of Elementology*, 24(1), 61-69, 2019. doi: 10.5601/jelem.2018.23.1.1641

IF₂₀₁₇ 0.684, 15 pkt

4.6.6. **Pyz-Łukasik R.**, Paszkiewicz W.: „Shelf life of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish stored under refrigerated conditions”, *Journal of Food Safety* 2018; e12607. <https://doi.org/10.1111/jfs.12607>

IF₂₀₁₇ 1.275, 20 pkt

Łączna punktacja publikacji składających się na cykl publikacji powiązanych tematycznie wynosi:

- według listy czasopism punktowanych MNiSW - 110 pkt
- Impact Factor według listy JCR - 5.136

4.2. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Amur biały (*Ctenopharyngodon idella*), tołpyga pstra (*Aristichthys nobilis*), jesiotr syberyjski (*Acipenser baerii*) i sum europejski (*Silurus glanis*) należą do gatunków ryb o dobrych i zrównoważonych perspektywach rynkowych oraz są rekomendowane do produkcji w akwakulturze krajowej. Atrakcyjność rynkowa wymienionych gatunków ryb wynika m.in. z walorów smakowych (Hryszko i wsp. 2018).

O wartości odżywczej środka spożywczego decyduje wartość kaloryczna i zawartość składników odżywczych (Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia 2006). Zgodnie z danymi piśmiennictwa, wartość odżywcza ryb konsumpcyjnych była zróżnicowana. W zależności od gatunku, wartość kaloryczna mięśni ryb kształtowała się na poziomie od 210.7 kJ/100 g do 797.5 kJ/100 g (Usydus i wsp. 2011; Skąlecki i wsp. 2012; Hadjiniolova i wsp. 2008; Skąlecki i wsp. 2013; Skąlecki i wsp. 2015). Zawartość białka w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 12.2% do 21.79% (Usydus i wsp. 2011; Hadjiniolova i wsp. 2008; Ghomi i wsp. 2012; Ljubojević i wsp. 2013; Tzikas i wsp. 2007; Özyurt, Polat 2006) a poziomy aminokwasów egzogennych (g/100 g białka) zawierały się w przedziałach 0.2-6.2 dla izoleucyny, 0.4-10.4 dla leucyny, 0.3-16.1 dla lizyny, 0.1-4.0 dla metioniny, 0.04-0.6 dla cystyny, 0.3-6.3 dla fenyloalaniny, 0.2-1.5 dla tyrozyny, 0.3-7.9 dla treoniny, 0.2-8.6 dla waliny, 0.1-2.3 dla tryptofanu i 0.5-7.9 dla histydyny (Mohanty i wsp. 2014). Zawartość tłuszczu w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 0.08% do 28.90% (Özyurt, Polat 2006; Polak-Juszczak, Adamczyk 2009; Naseri i wsp. 2010; Usydus i wsp. 2011; Ghomi i wsp. 2012; Karl i wsp. 2014) a profile kwasów tłuszczowych różniły się udziałem nasyconych kwasów tłuszczowych (10.72-48.94%), jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (14.84-55.65%), wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (9.75-72.65%) oraz m.in. udziałem kwasów eikozapentaenowego (0.65-20.15%), dokozaheksaenowego (0.72-27.08%) i arachidonowego (0.16-12.27%) (Grela, Dudek 2007; Cengiz i wsp. 2010; Ljubojević i wsp. 2013). Poziomy składników mineralnych w mięśniach ryb konsumpcyjnych osiągały wartości dla magnezu 16.6-55.5 mg 100 g⁻¹, dla wapnia 7.5-73.6 mg 100 g⁻¹, dla cynku 0.17-1.07 mg 100 g⁻¹, dla miedzi 5.1-65.0 µg 100 g⁻¹, dla selenu 8.7-26.4 µg 100 g⁻¹ i dla żelaza 2.59-8.27 mg kg⁻¹ ww (Szlinder-Richert i wsp. 2011; Zhang i wsp. 2014). Różnice w poziomach składników odżywczych w mięśniach ryb wynikały z wpływu czynników takich jak gatunek, masa ciała, żywienie, sezon czy miejsce pozyskania (Ligaszewski i wsp. 2007; Łuczyńska i wsp. 2008; Stanek i wsp. 2008; Öksüz i wsp. 2009; Grela i wsp. 2010; Ćirković i wsp. 2011; Yeganeh i wsp. 2012; Skąlecki i wsp. 2012; Wang i wsp. 2012; Ljubojević i wsp. 2013; Zakęś i wsp. 2015; Çelik i wsp. 2005).

Ryby jako środki spożywcze powinny spełniać wymagania w zakresie bezpieczeństwa żywności. W przypadku ryb i produktów rybołówstwa, zagrożenia chemiczne (przekroczone akceptowalne poziomy metali ciężkich) i mikrobiologiczne (obecność *Listeria monocytogenes*) oraz przerwanie ciągłości łańcucha chłodniczego były najczęstszymi przyczynami powiadomień w ramach Systemu Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach (RASFF) w okresie od 2004 do połowy 2017 r. (Majewski, Dziubdziela 2018).

W związku z powyższym, za cel prezentowanego osiągnięcia naukowego przyjęto określenie wartości odżywczej i ocenę bezpieczeństwa dla zdrowia konsumentów amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego.

Do badań wykorzystano gatunki ryb w sortymentach handlowych, w hodowli których nie stosowano pasz przemysłowych, pochodzące z tego samego regionu geograficznego i pozyskane w sezonie zimowym.

Celem badań w pracy „Species variations in the proximate composition, amino acid profile, and protein quality of the muscle tissue of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish” (4.1.1.) było określenie i porównanie składu podstawowego, wartości kalorycznej oraz profilu aminokwasowego białka tkanki mięśniowej amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego.

Zawartość białka, tłuszczu, wody i popiołu w tkankach mięśniowych badanych gatunków ryb wynosiła odpowiednio 15.69-18.25%, 2.28-12.57%, 69.89%-78.90% i 0.97%-1.22%. Zawartość białka w tkance mięśniowej amura białego była wyższa ($P < 0.05$) w porównaniu do pozostałych 3 badanych gatunków, u których poziom białka był porównywalny ($P > 0.05$). Ryby konsumpcyjne w zależności od zawartości tłuszczu klasyfikowane są jako chude (do 2% tłuszczu), średniotłuste (2-7% tłuszczu), tłuste (7-15% tłuszczu) i bardzo tłuste (powyżej 15% tłuszczu) (PN 1999). Zgodnie z powyższą klasyfikacją amur biały i suma europejski należały do ryb średniotłustych a tołpyga pstra i jesiotr syberyjski do ryb tłustych. Zawartość wody w tkankach mięśniowych amura białego i suma europejskiego była porównywalna ($P > 0.05$) i wyższa ($P < 0.05$) niż w tkankach mięśniowych tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego. Najniższą zawartość wody ($P < 0.05$) wykazano w tkance mięśniowej jesiotra syberyjskiego. Zawartość popiołu (składników mineralnych) była najwyższa w tkance mięśniowej amura białego ($P < 0.05$), następnie w tkankach mięśniowych tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego ($P > 0.05$) oraz najniższa w tkance mięśniowej suma europejskiego ($P < 0.05$). Różnice w zawartości składników podstawowych w tkankach mięśniowych amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego wynosiły dla białka 2-14%, dla tłuszczu 29%-82%, dla wody 1%-11% i dla popiołu 10%-20%. Wartość kaloryczna mięśni badanych gatunków ryb była zróżnicowana ($P < 0.05$) i wynosiła od 93.50 do 175.83 kcal/100g. Największą wartość energetyczną miała tkanka mięśniowa jesiotra syberyjskiego, następnie tołpygi pstrej a najmniejszą (porównywalną) amura białego i suma europejskiego.

Zgodnie z danymi piśmiennictwa, różnice w zawartości składników odżywczych w mięśniach ryb konsumpcyjnych dotyczyły zarówno różnych gatunków jak i osobników tego samego gatunku. W zależności od miejsca pozyskania amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra (rodzaj *Acipenser*) i suma europejskiego zawartość białka i tłuszczu wynosiła odpowiednio w mięśniach amura 14.73%-19.31% i 1.80%-8.02% (Ljubojević i wsp. 2013; Afkhani i wsp. 2011; Scherer i wsp. 2006), w mięśniach tołpygi 15%-18.03% i 2.24%-6.29% (Hadjinikolova i wsp. 2008; Ljubojević i wsp. 2013), w mięśniach jesiotra 18.3%-19.23% i 6.3%-7.63% (Badiani i wsp. 1996; Wedekind 2002) oraz w mięśniach suma 17.34%-18% i 3.2-3.96% (Lazos i wsp. 1989; Ljubojević i wsp. 2013). W porównaniu do wyników badań własnych różnice w zawartości białka i tłuszczu wynosiły odpowiednio 5-19%

i 21-72% w przypadku amura, 6-11% i 30-75% w przypadku tołpygi, 14-18% i 39-50% w przypadku jesiotra oraz 6-10% i 5-15% w przypadku suma.

Zawartość aminokwasów egzogennych w białku mięśni badanych gatunków ryb (g/100 g białka) ($P < 0.05$) wynosiła 0.20-0.37 dla cysteiny (różnice między gatunkami 35.2-46%), 4.24-4.35 dla izoleucyny (różnice 0.5-2.6%), 7.81-7.98 dla leucyny (różnice 0.2-2.2%), 9.69-10.02 dla lizyny (różnice 1.9-3.3%), 2.05-2.77 dla metioniny (różnice 12-26%), 3.97-4.25 dla fenyloalaniny (różnice 3.6-6.6%), 3.26-3.57 dla tyrozyny (różnice 6.2-8.7%), 4.71-5.15 dla treoniny (różnice 5.7-8.6%), 1.80-3.04 dla tryptofanu (różnice 0.7-40.8%), 4.74-4.93 dla waliny (różnice 0.5-3.9%) i 2.34-3.29 dla histydyny (różnice 18.3-28.9%). Sumy aminokwasów egzogennych (g/100 g białka) w tkankach mięśniowych amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego były porównywalne (47.08-47.64; $P > 0.05$) i istotnie wyższe ($P < 0.05$) niż w tkance mięśniowej suma europejskiego (45.86). Największą ilość aminokwasów siarkowych ($P < 0.05$) zawierała tkanka mięśniowa amura białego (3.14), następnie tkanki mięśniowe tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego (odpowiednio 2.53 i 2.67; $P > 0.05$) a najmniejszą tkanka mięśniowa suma europejskiego (2.25; $P < 0.05$). Zawartość aminokwasów aromatycznych była wyższa ($P < 0.05$) w tkance mięśniowej jesiotra syberyjskiego (7.81) niż w tkankach mięśniowych pozostałych badanych gatunków ryb (7.23-7.37; $P > 0.05$). W grupie aminokwasów egzogennych, u czterech badanych gatunków ryb w największej ilości stwierdzono lizynę (9.69-10.02) a w najmniejszej cysteinę (0.20-0.37). Izoleucyna była jedynym aminokwasem, którego zawartość w tkankach mięśniowych czterech omawianych gatunków ryb była porównywalna (4.24-4.35; $P > 0.05$). Tkanki mięśniowe gatunków roślinożernych (amur biały, tołpyga pstra) różniły się ($P < 0.05$) zawartością metioniny i cysteiny, natomiast gatunków drapieżnych (jesiotr syberyjski, suma europejski) różniły się ($P < 0.05$) zawartością lizyny, metioniny, fenyloalaniny, tyrozyny, treoniny, waliny i histydyny. Z porównania profili aminokwasowych białka czterech badanych gatunków ryb wynikały różnice ($P < 0.05$) w poziomach aminokwasów egzogennych. Najwięcej różnic wystąpiło pomiędzy profilem aminokwasowym białka amura białego a profilami jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego (8 aminokwasów), natomiast najmniej pomiędzy profilami amura białego i tołpygi pstrej (2 aminokwasów). Według Wu i wsp. (2013) również aminokwasy endogenne powinny być uwzględnione w koncepcji składu 'idealnego białka' i ustalaniu zbilansowanej diety. Suma aminokwasów endogennych była większa ($P < 0.05$) w tkance mięśniowej suma europejskiego (54.14) w porównaniu do pozostałych badanych gatunków ryb, u których sumy aminokwasów endogennych były porównywalne (52.36-52.92; $P > 0.05$). Spośród aminokwasów tej grupy, u badanych gatunków ryb w największej ilości stwierdzono kwas glutaminowy (14.91-15.98) a w najmniejszej ilości serynę (4.17-4.49).

W ocenie wartości odżywczej białka mięśni badanych gatunków ryb wykorzystano białko wzorcowe oraz wskaźniki: EAAI (essential amino acid index), CS (chemical score) i PDCAAS (protein digestibility corrected amino acid score) (cyt. Rakowska i wsp. 1978; Report FAO/WHO 1991; Report FAO 2013). Łączna zawartość aminokwasów egzogennych w białku mięśni u każdego badanego gatunku była wyższa niż w białku wzorcowym (EAAI). Z wyjątkiem sumy metioniny i cysteiny w białku suma europejskiego (poziom porównywalny), poziomy poszczególnych aminokwasów egzogennych w białku amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma

europejskiego były wyższe niż w białku wzorcowym. Aminokwasami ograniczającymi (CS) tj. występującymi w najmniejszej ilości w porównaniu do białka wzorcowego - w białku mięśni suma europejskiego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego była suma metioniny i cysteiny a w białku mięśni amura białego walina. Wartości CS i PDCAAS dla sumy metioniny i cysteiny w białku mięśni suma europejskiego (odpowiednio 98% i 92%) wskazały na niższą wartość odżywczą tego białka w porównaniu do białka mięśni amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego (wartości CS i PDCAAS dla wszystkich aminokwasów egzogennych 100%).

Z porównania zalecanego dziennego spożycia aminokwasów egzogennych i ich zawartości w tkankach mięśniowych badanych gatunków ryb wynikało, że 200 g tkanki mięśniowej amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego a 250 g tkanki mięśniowej suma europejskiego w pełni pokryłoby zapotrzebowanie na wszystkie aminokwasy egzogenne dla osoby dorosłej o masie 70 kg, co wskazywało, że białko mięśni 4 badanych gatunków ryb charakteryzowało się wysoką wartością odżywczą.

W dostępnym piśmiennictwie dane nt. jakości białka mięśni ryb konsumpcyjnych były nieliczne i nie dotyczyły profilu aminokwasowego białka mięśni amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego. Z porównania wyników własnych białka mięśni jesiotra syberyjskiego (*Acipenser baeri*) z wynikami białka mięśni gatunków ryb z rodziny jesiotrowatych (rodzaj *Acipenser*) (Badani i wsp. 1996) wynikało, że zawartość aminokwasów egzogennych (z wyj. tryptofanu) i ich suma (47.15 g/100 g białka) oraz zawartość aminokwasów endogennych i ich suma (49.45 g/100 g białka) była zbliżona do stwierdzonej w badaniach własnych u jesiotra syberyjskiego. Zawartość tryptofanu w białku mięśni jesiotra syberyjskiego określona w badaniach własnych była ponad dwukrotnie większa w porównaniu do gatunków z rodzaju *Acipenser* spp. U gatunków z rodzaju *Acipenser* spp. oraz innych gatunków ryb takich jak śledź, okoń, płoć, sandacz, leszcz i węgorz (z wyjątkiem histydyny, brak danych) zawartość poszczególnych aminokwasów egzogennych była wyższa w odniesieniu do wzorca białka z 2011 r. (Badani i wsp. 1996; Polak-Juszczak, Adamczyk 2009; Raport FAO 2013; porównanie własne).

Wnioski

Na podstawie wyników badań określono i porównano skład podstawowy, wartość kaloryczną, profil aminokwasowy, jakość białka tkanki mięśniowej amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego.

W zależności od gatunku, różnice w składzie chemicznym mięśni badanych ryb dotyczyły zawartości białka, tłuszczu, wody, popiołu i aminokwasów. Różnice w zawartości tłuszczu były większe niż w zawartości białka w mięśniach badanych gatunków ryb. Zgodnie ze znormalizowaną klasyfikacją, amur biały i suma europejski były rybami średniotłustymi a tołpyga pstra i jesiotr syberyjski były rybami tłustymi. Wartość kaloryczna mięśni ryb średniotłustych była porównywalna, natomiast ryb tłustych zróżnicowana. Profile aminokwasowe białka amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego różniły się poziomami aminokwasów egzogennych. Poziomy aminokwasów egzogennych były bardziej zróżnicowane w białku mięśni gatunków drapieżnych w porównaniu do gatunków roślinożernych. Ilościowe różnice w składzie aminokwasów

egzogennych białka mięśni amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego nie wpływały na wartość odżywcza białka w odniesieniu do wzorca białka. Z wyjątkiem porównywalnego poziomu sumy metioniny i cysteiny w białku suma europejskiego, poziomy aminokwasów egzogennych w białku amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego były wyższe niż w białku wzorcowym. Wartości wskaźników CS i PDCAAS wskazały na niższą wartość odżywcza białka mięśni suma europejskiego w porównaniu do białka mięśni amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego, co oznaczało, że dla pokrycia dziennego zapotrzebowania organizmu na aminokwasy egzogenne konieczna jest nieco większa ilość mięśni suma europejskiego w porównaniu do pozostałych badanych gatunków ryb. Mięśnie amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego były źródłem białka o wysokiej wartości odżywczej a różnice w ich wartości kalorycznej wskazały na możliwość wykorzystania ich jako składnika w zróżnicowanych dietach. Hodowla wymienionych gatunków ryb bez stosowania pasz przemysłowych daje możliwość uzyskania surowca o wysokiej wartości odżywczej.

Ryby z akwakultury mogą być wartościowym składnikiem diety i z tego względu badania w kierunku określenia ich wartości odżywczej powinny być kontynuowane.

Wyniki badań własnych uzupełniają nieliczne dane piśmiennictwa nt. składu chemicznego i jakości białka mięśni amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego oraz suma europejskiego. Prezentowane dane mogą być wykorzystane przez osoby zawodowo związane z dietetyką i żywieniem, hodowców ryb i konsumentów oraz do celów naukowo - dydaktycznych.

Celem badań w pracy „Fatty acid profile of fat of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish” (4.1.2.) było określenie i porównanie profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego, suma europejskiego oraz porównanie wartości odżywczej wymienionych gatunków ryb.

W tłuszczu 4 badanych gatunków ryb udział głównych grup kwasów tłuszczowych wynosił 16.32-32.96% dla nasyconych (SFA), 41.84-55.31% dla jednonienasyconych (MUFA) i 13.4-26.31% dla wielonienasyconych (PUFA). Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w mięśniach amura białego i tołpygi pstrej (gatunki roślinożerne) była wyższa ($P < 0.05$) niż w mięśniach jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego (odpowiednio 32.96% i 30.04% oraz 18.37% i 16.32%). Poziomy SFA u tych samych gatunków ryb wykazane przez innych autorów różniły się od stwierdzonych w badaniach własnych. Ljubojević i wsp. (2013) wykazała wyższą zawartość SFA u tołpygi (32.82%) i suma (30.22%) oraz niższą u amura (28.72%). Badiani i wsp. (1996) wykazał wyższą zawartość SFA u gatunków ryb z rodziny jesiotrowatych (25.99%). Badane gatunki ryb zawierały mniej SFA w porównaniu do innych gatunków ryb słodkowodnych takich jak szczupak, sandacz, leszcz, tilapia i panga, u których zawartość SFA wynosiła od 36.28% do 42.18% (Grela i wsp. 2010; Łuczyńska i wsp. 2014). W tłuszczu prezentowanych gatunków ryb przeważającą grupę stanowiły jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA). Zawartość MUFA u suma europejskiego, jesiotra syberyjskiego i tołpygi pstrej była porównywalna (54.08-55.31%; $P > 0.05$) i wyższa ($P < 0.05$) w porównaniu do amura białego (41.4%). Ljubojević i wsp. (2013) wykazała wyższą

zawartość MUFA u amura (50.6%) a niższą u tołpygi (33.48%) i suma (41.43%) w porównaniu do stwierdzonej u tych samych gatunków w badaniach własnych. Zgodnie z Badiani i wsp. (1996) zawartość MUFA u gatunków z rodziny jesiotrowatych kształtowała się na poziomie 43.08-51.82%, zawartość wykazana u jesiotra syberyjskiego w badaniach własnych była zbliżona do górnej granicy tego przedziału wartości. Zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (Σ PUFA) w tłuszczu jesiotra syberyjskiego, amura białego i suma europejskiego (24.24-26.31%) była wyższa ($P < 0.05$) niż u tołpygi pstrej (13.4%). Zawartość Σ PUFA n-6 była najwyższa ($P < 0.05$) u suma europejskiego (16.63%), porównywalna u jesiotra syberyjskiego i amura białego (odpowiednio 14.00% i 13.64%; $P > 0.05$) oraz najniższa ($P < 0.05$) u tołpygi pstrej (4.11%). Zawartość Σ PUFA n-3 była porównywalna u 4 badanych gatunków ryb (9.29-10.94%; $P > 0.05$). Inni autorzy stwierdzili niższą zawartość Σ PUFA n-6 u gatunków z rodziny jesiotrowatych (4.31%) i suma (11.18%), natomiast wyższą u tołpygi (9.31%) a porównywalną u amura (13.63%) w odniesieniu do prezentowanych gatunków w badaniach własnych. Ponadto, w badaniach tych autorów zawartość Σ PUFA n-3 była niższa u amura (7.46%) oraz wyższa u tołpygi, jesiotra i suma (odpowiednio 24.54%, 18.09% i 17.21%) (Badiani i wsp. 1996; Ljubojević i wsp. 2013). U innych gatunków ryb słodkowodnych zawartość Σ PUFA n-6 i Σ PUFA n-3 wynosiła odpowiednio 8.46-16.32% i 5.01-24.85% (Łuczyńska i wsp. 2014; Grela i wsp. 2010). W tych przedziałach mieściły się wartości Σ PUFA n-6 i Σ PUFA n-3 wykazane w badaniach własnych u 4 gatunków ryb.

Z punktu widzenia zdrowia, istotne są proporcje PUFA n-6 do PUFA n-3 i proporcje PUFA do SFA (Polak-Juszczak, Komar-Szymczak 2009; Moreira i wsp. 2001). Ponadto, istotna jest zawartość kwasów eikozapentaenowego (EPA), dokozaheksaenowego (DHA) i arachidonowego (AA). Te kwasy są niezbędne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju organizmu a także w prewencji niektórych chorób (Simopoulos 1991; Hunter, Roberts 2000; Kris-Etherton i wsp. 2002; Kris-Etherton i wsp. 2009; Simopoulos 2002; Mayneris-Perxachs i wsp. 2010; Le i wsp. 2009). Rekomendowana maksymalna wartość proporcji n-6 do n-3 wynosi 4.0 (HMSO 1994). Proporcje n-6 do n-3 u badanych 4 gatunków ryb nie przekraczały rekomendowanej maksymalnej wartości i wynosiły 0.44 dla tołpygi, 1.24 dla amura, 1.37 dla jesiotra oraz 1.72 dla suma. Według danych piśmiennictwa wartości proporcji PUFA n-6 to n-3 u ryb słodkowodnych były na poziomie 0.21-2.78 (Özogul i wsp. 2007; Ljubojević i wsp. 2013). Minimalna rekomendowana wartość proporcji PUFA do SFA wynosi 0.45 (HMSO 1994). Wartości proporcji PUFA do SFA u badanych 4 gatunków ryb były równe lub wyższe od rekomendowanej minimalnej wartości i wynosiły 0.45 dla tołpygi, 0.75 dla amura, 1.32 dla jesiotra oraz 1.61 dla suma. Ljubojević i wsp. (2013) oraz Özogul i wsp. (2007) wykazali w mięśniach ryb słodkowodnych wartości proporcji PUFA do SFA w przedziale 0.66-1.56.

Najwyższy poziom EPA (kwasu eikozapentaenowego) stwierdzono w tłuszczu tołpygi pstrej (2.92%), następnie jesiotra syberyjskiego (2.38%), suma europejskiego (1.63%) i amura białego (1.10%). Zawartość DHA (kwasu dokozaheksaenowego) była podobna u jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego (3.7% i 3.01%), niższa u tołpygi pstrej (2.29%) a najniższa u amura białego (1.08). U różnych gatunków ryb słodkowodnych zawartość EPA wynosiła od 0.65% do 20.15% a DHA od 0.72% do 27.08% (Cengiz i wsp. 2010; Łuczyńska i wsp. 2008; Özogul i wsp. 2007). Zawartość kwasu arachidonowego (AA) była najwyższa u amura białego

(2.72%), następnie tołpygi pstrej (1.34%) a najniższa i porównywalna u jesiotra syberyjskiego oraz suma europejskiego (odpowiednio 0.48 i 0.4%). Ljubojević i wsp. (2013) wykazała niższą zawartość AA u amura (1.61%) oraz wyższą u tołpygi i suma (odpowiednio 4.05% i 3.55%) w porównaniu do zawartości wykazanych w badaniach własnych u tych gatunków. Zawartość AA u gatunków z rodziny jesiotrowatych wynosiła 0.44-1.16% (Badiani i wsp. 1996) i w tym przedziale mieściły się wyniki wykazane w badaniach własnych u jesiotra syberyjskiego. Zawartość AA w mięśniach innych gatunków ryb hodowlanych takich jak pstrąg, panga, karp i tilapia wynosiła 0.5-1.9% (Usydus i wsp. 2011) a w mięśniach karpia, leszcza, szczupaka i sandacza 2.52-4.57% (Grela i wsp. 2010). Proporcja 1.4:1-2:1 DHA (kwasu dokozaheksaenowego) do AA (kwasu arachidonowego) jest korzystna dla kobiet w ciąży (cyt. Kris-Etherton i wsp. 2009). W takiej proporcji wykazano kwasy dokozaheksaenowy i arachidonowy tylko w tłuszczu tołpygi pstrej.

Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności zaleca spożycie 250 mg/dzień EPA+DHA łącznie (EFSA 2009). U prezentowanych gatunków ryb zawartość EPA wynosiła od 31.62 do 273.83 a DHA od 30.99 do 375.55 mg/100 g tkanki mięśniowej. Najniższą zawartość tych kwasów (EPA+DHA mg/100g) wykazano w tłuszczu amura białego (62.61). Wyższą zawartość tych kwasów stwierdzono w tłuszczu suma europejskiego (150.51) a znacznie wyższą w tłuszczu tołpygi pstrej (488.67) i jesiotra syberyjskiego (619.06). Zawartość EPA+DHA w mięśniach innych gatunków ryb hodowlanych była także zróżnicowana i wynosiła u pangii 24.8, tilapii 70.8, karpia 214.5 i pstrąga 1804.0 mg/100 g (Usydus et al. 2011). Na podstawie wyników uzyskanych w badaniach własnych, rekomendowana ilość 250 mg/dzień EPA+DHA byłaby zapewniona przez spożycie ok. 40 g tkanki mięśniowej jesiotra syberyjskiego, 50 g tołpygi pstrej, 170 g suma europejskiego i 400g amura białego. Większe ilości EPA+DHA (1–1.5 g/dzień) są zalecane dla osób z chorobami układu sercowo-naczyniowego (cyt. Materac i wsp. 2013; Dutkowska, Rachoń 2015). Wobec powyższego, zalecenia dotyczące spożycia ryb 1-2 razy w tygodniu (WHO 2003; Jabłonowska i wsp. 2011) mogą być niewystarczające dla uzyskania efektu terapeutycznego w przypadku gatunków u których zawartość tych kwasów jest niska. Na podstawie wyników badań własnych i danych piśmiennictwa wykazano duże różnice w zawartości kwasów tłuszczowych a tym samym w wartości odżywczej mięśni ryb.

Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników badań określono i porównano profile kwasów tłuszczowych tłuszczu amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego, suma europejskiego oraz porównano wartość odżywcza wymienionych gatunków ryb.

Profile kwasów tłuszczowych tłuszczu amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego różniły się poziomami kwasów tłuszczowych, co decydowało o wartościach proporcji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (Σ PUFA) do nasyconych kwasów tłuszczowych (Σ SFA) oraz proporcji kwasów tłuszczowych Σ PUFA n-6 do Σ PUFA n-3. W odniesieniu do rekomendowanych proporcji wymienionych grup kwasów, proporcje te w tłuszczu wszystkich badanych gatunków ryb były zachowane. Proporcje Σ PUFA do Σ SFA u gatunków drapieżnych (suma europejskiego i jesiotra syberyjskiego) były bardziej

korzystne w porównaniu do gatunków roślinożernych (amura białego i tołpygi pstraj) a proporcje Σ PUFA n-6 do Σ PUFA n-3 u amura białego były bardziej korzystne w porównaniu do tołpygi pstraj, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego. Tołpyga pstra mogła stanowić wartościowy składnik diety dla kobiet w ciąży ze względu na zawartość i zgodną z rekomendowaną proporcją DHA (kwasu dokozaheksaenowego) do AA (kwasu arachidonowego). Uwzględniając różne zalecane dzienne ilości kwasów eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego (mg/100 g) i ich zawartość w mięśniach 4 badanych gatunków ryb, amur biały, tołpyga pstra, jesiotr syberyjski i suma europejski były wartościowym składnikiem diety podstawowej, natomiast w dietach terapeutycznych większą wartość miały jesiotr syberyjski i tołpyga pstra. Ze względu na duże różnice w zawartości tych kwasów w mięśniach różnych gatunków ryb, zalecenia odnośnie konsumpcji ryb są zbyt ogólne i wymagają dodatkowych informacji dla konsumentów.

Mając na uwadze zalecaną konsumpcję ryb, możliwość wykorzystania ich w dietach profilaktycznych, terapeutycznych i duże różnice w zawartości kwasów tłuszczowych pomiędzy różnymi gatunkami oraz w obrębie tego samego gatunku ryb uzasadnione jest kontynuowanie badań dotyczących składu i zawartości kwasów tłuszczowych w mięśniach ryb.

Wyniki badań własnych uzupełniają nieliczne dane piśmiennictwa nt. profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu amura białego, tołpygi pstraj, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego. Prezentowane dane mogą być wykorzystane przez osoby zawodowo związane z dietetyką i żywieniem, hodowców ryb i konsumentów oraz do celów naukowo - dydaktycznych.

Celem badań w pracy „Content of macro- and microelements in the muscles of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon and wels catfish from eastern Poland” (4.1.3) było określenie zawartości wapnia (Ca), magnezu (Mg), miedzi (Cu), manganu (Mn), cynku (Zn), żelaza (Fe), chromu (Cr), seleniu (Se) w tkance mięśniowej amura białego, tołpygi pstraj, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego, porównanie ich poziomów z wartościami referencyjnymi oraz ocena ryzyka toksycznego wpływu tych pierwiastków na zdrowie konsumentów.

Ze względu na zawartość w organizmie oraz wysokość dziennego zapotrzebowania składniki mineralne podzielone zostały na makroelementy (np. Ca, Mg) i mikroelementy (np. Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Se). Zawartość makroelementów w organizmie człowieka jest większa niż 0.01% a dzienne zapotrzebowanie przekracza 100 mg, natomiast mikroelementów jest mniejsza niż 0.01% a dzienne zapotrzebowanie nie przekracza 100 mg (Gawęcki, Hryniewiecki 2000). Ilość składników mineralnych w mięśniach ryb konsumpcyjnych jest istotna zarówno w aspekcie wartości odżywczej (rozporządzenie Nr WE 1169/2011) jak i ochrony zdrowia (Dural i wsp. 2007; Meche i wsp. 2010; El-Sadaawy i wsp. 2013; Kalantzi i wsp. 2013; Dhanakumar i wsp. 2015; Ahmed i wsp. 2016; Chanpiwat i wsp. 2016).

Średnia zawartość analizowanych pierwiastków w mięśniach amura białego, tołpygi pstraj, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego wynosiła (mg kg⁻¹ ww): Ca 68.02-894.9, Mg 97.60-226.0, Cu 0.36-1.15, Mn 0.25-0.34, Zn 5.78-7.09, Fe 4.29-6.73, Cr 0.08-0.33 i Se 0.02-0.05. W zależności od gatunku, różnice

($P < 0.05$) dotyczyły zawartości Ca, Mg, Cu, Zn, Cr i Se, natomiast zawartość Mn i Fe była porównywalna ($P > 0.05$).

Poziomy wymienionych makro- i mikroelementów w mięśniach różnych gatunków ryb konsumpcyjnych zawierały się w szerokich przedziałach wartości, co przedstawiono w porównaniu wyników własnych i danych piśmiennictwa. Średnia zawartość Ca ($894.9-820.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$) w mięśniach gatunków roślinożernych (amur biały i tołpyga pstra) była wyższa ($P < 0.05$) niż w mięśniach gatunków drapieżnych (jesiotr syberyjski i sum europejski) ($68.02-141.34 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$). Zawartość Ca w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 90 do $636 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$ (Erkan, Özden 2007; Łuczyńska i wsp. 2011; Barszcz i wsp. 2014), co wskazywało, że najwyższą zawartość Ca wykazano w mięśniach gatunków roślinożernych prezentowanych w badaniach własnych.

Średnia zawartość Mg ($\text{mg kg}^{-1} \text{ ww}$) w mięśniach amura białego (226.0), tołpygi pstrej (189.0) i jesiotra syberyjskiego (165.9) była wyższa ($P < 0.05$) w porównaniu do mięśni suma europejskiego (97.60) oraz wyższa ($P < 0.05$) w mięśniach amura białego w porównaniu do mięśni jesiotra syberyjskiego. Poziomy Mg w mięśniach różnych gatunków ryb ($262.53-332.56 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$) były wyższe niż wykazane u 4 badanych gatunków (Erkan, Özden 2007; Uysal i wsp. 2008; Barszcz i wsp. 2014).

Średnia zawartość Cu ($\text{mg kg}^{-1} \text{ ww}$) w mięśniach amura białego (0.36) była niższa ($P < 0.05$) w porównaniu do mięśni tołpygi pstrej (0.66), suma europejskiego (0.79) i jesiotra syberyjskiego (1.15), u których zawartość Cu była porównywalna ($P > 0.05$). Zawartość Cu w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 0.089 do $18.77 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$ (Zhang i wsp. 2014; Ahmed i wsp. 2016) jak też była poniżej wykrywalnego poziomu (Dhanakumar i wsp. 2015).

Średnia zawartość Mn ($\text{mg kg}^{-1} \text{ ww}$) w mięśniach 4 badanych gatunków ryb była porównywalna ($0.25-0.34$; $P > 0.05$). Zawartość Mn w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 0.072 do $125.81 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$ (Łuczyńska i wsp. 2011; Elnabris i wsp. 2013; El-Moselhy i wsp. 2014; Ahmed i wsp. 2016) jak też była poniżej wykrywalnego poziomu (Dhanakumar i wsp. 2015).

Średnia zawartość Zn w mięśniach badanych 4 gatunków ryb wynosiła $5.78-7.09 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$. Różnice w zawartości Zn ($P < 0.05$) wystąpiły pomiędzy dwoma gatunkami, wyższy poziom Zn wykazano w mięśniach suma europejskiego (7.09) niż jesiotra syberyjskiego (5.78). W mięśniach różnych gatunków ryb zawartość Zn wynosiła od 1.08 do $29.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$ (Erkan, Özden 2007; Łuczyńska i wsp. 2011; Rajkowska, Protasowicki 2013; Leung i wsp. 2014; Avigliano i wsp. 2015).

Średnia zawartość Fe ($\text{mg kg}^{-1} \text{ ww}$) w mięśniach 4 badanych gatunków ryb była porównywalna ($4.29-6.73$; $P > 0.05$). Według danych piśmiennictwa, zawartość Fe w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 0.8 do $414.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$ (Łuczyńska i wsp. 2011; Rajkowska, Protasowicki 2013; Mert i wsp. 2014).

Różnice w zawartości Cr wystąpiły pomiędzy gatunkami roślinożernymi, w mięśniach amura białego zawartość Cr ($0.08 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$) była niższa ($P < 0.05$) niż w mięśniach tołpygi pstrej ($0.33 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$). U gatunków drapieżnych zawartość Cr była porównywalna ($0.13-0.29 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ww}$; $P > 0.05$). Zawartość Cr

w mięśniach różnych gatunków ryb była na poziomie 0.0526-1.1438 mg kg⁻¹ ww (Yi, Zhang 2012; Mert i wsp. 2014; Jiang i wsp. 2016) jak też była poniżej wykrywalnego poziomu (Uysal i wsp. 2008).

Średnia zawartość Se (mg kg⁻¹ ww) w mięśniach jesiotra syberyjskiego (0.05), suma europejskiego (0.04) i tołpygi pstrej (0.03) była wyższa ($P < 0.05$) niż w mięśniach amura białego (0.02). Zawartość Se w mięśniach różnych gatunków ryb wynosiła od 0.0048 do 5.28 mg kg⁻¹ ww (Zhang i wsp. 2014; Avigliano i wsp. 2015; Ahmed i wsp. 2015; Ahmed i wsp. 2016) jak też była poniżej wykrywalnego poziomu (Meche i wsp. 2010).

Różnice w zawartości pierwiastków w tkankach mięśniowych ryb wynikały z wpływu czynników takich jak gatunek, sezon czy region geograficzny (Łuczyńska i wsp. 2011; Mert i wsp. 2014; Leung i wsp. 2014; Avigliano i wsp. 2015). Łuczyńska i wsp. (2011) wykazała różnice w zawartości Mn, Zn, Fe i Ca w mięśniach ryb należących do tego samego gatunku.

Dzienne referencyjne wartości spożycia makro- i mikroelementów dla osoby dorosłej wynoszą 800 mg dla Ca, 375 mg dla Mg, 1 mg dla Cu, 2 mg dla Mn, 10 mg dla Zn, 14 mg dla Fe, 55 µg dla Se i 40 µg dla Cr (rozporządzenie Nr WE 1169/2011). Zawartość makro- i mikroelementu osiągająca poziom 15% referencyjnej wartości spożycia w 100 g produktu określana jest - jako znacząca ilość (rozp. Nr WE1169/2011). Zgodnie z powyższym, ilość Cr w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego oraz Se w mięśniach amura białego była znacząca. 100 g mięśni amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego pokrywało 100% dziennego zapotrzebowania dla osoby dorosłej na Cr, natomiast 100 g mięśni amura białego pokrywało 36% dziennego zapotrzebowania dla osoby dorosłej na Se. Zawartość Ca, Mg, Cu, Zn, Mn i Fe w mięśniach wszystkich badanych gatunków ryb oraz Se w mięśniach tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego była niższa niż 15% referencyjnej wartości w 100 g produktu. 100 g mięśni amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego pokrywało dzienne zapotrzebowanie dla osoby dorosłej na wymienione składniki mineralne od 1.25% do 12%.

W mięśniach innych gatunków ryb konsumpcyjnych zawartość Mg, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn i Se stanowiła odpowiednio 9%, 10%, 20%, 3%, 4%, 6% i 45% zalecanych dziennych wartości. Większe ilości Ca zawierały mięśnie *Mugil cephalus* oraz Se mięśnie *Spicara smaris* i *Serranus cabrilla* w porównaniu do zalecanych dziennych ilości tych składników mineralnych (odpowiednio 225% oraz 102% i 112%) (Kalantzi i wsp. 2013).

Ilość pierwiastków dostarczonych organizmowi z żywnością zależy zarówno od ich zawartości w żywności jak i ilości konsumowanej żywności. Z uwagi na możliwy toksyczny wpływ Cu, Mn, Zn, Fe, Cr i Se na organizm określono dawki referencyjne (USEPA 2016). Wartości oszacowanego dziennego spożycia (estimated daily intake; EDI) Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Se były niższe w porównaniu do wartości dawek referencyjnych dla tych pierwiastków (reference dose; RfD) (USEPA 2016; Heshmati i wsp. 2017). Akceptowalną wartością dla THQ (target hazard quotient) i TTHQ (total target hazard quotient) jest 1 (USEPA 2016). Wartości THQ i TTHQ były niższe niż 1, co oznaczało, że pierwiastki (Cu, Mn, Zn, Fe, Cr, Se) ani pojedynczo (THQ), ani łącznie (TTHQ) nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia konsumentów 4 badanych gatunków ryb. Akceptowalna wartość THQ była wielokrotnie przekroczona dla Zn i Cu w przypadku suma, karpia oraz ryb z rodziny błędnikowatych

i lucjanowatych pozyskanych w Wietnamie (Chanpiwat i wsp. 2016) oraz dla Cr w przypadku tilapii pozyskanej w Egipcie (El-Sadaawy i wsp. 2013).

Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników badań określono i porównano zawartość wapnia, magnezu, miedzi, manganu, cynku, żelaza, chromu i selenu w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego. Ponadto, porównano poziomy analizowanych pierwiastków z wartościami referencyjnymi oraz oceniono ryzyko toksycznego wpływu tych pierwiastków na zdrowie konsumentów.

Wśród badanych gatunków ryb wystąpiły różnice w zawartości wapnia, magnezu, miedzi, cynku, chromu i selenu. Zawartość manganu i żelaza w mięśniach 4 badanych gatunków ryb była porównywalna.

Spośród analizowanych składników mineralnych tylko zawartość Cr w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego oraz zawartość Se w mięśniach amura białego była znacząca w odniesieniu do referencyjnych wartości spożycia. Zawartość pozostałych analizowanych składników mineralnych tj. Ca, Mg, Cu, Zn, Mn i Fe w mięśniach 4 badanych gatunków ryb oraz Se w mięśniach tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego była niska. Uwzględniając zawartość Cu, Mn, Zn, Fe, Cr i Se w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego oraz spożycie ryb w Polsce wykazano, że konsumpcja tych gatunków ryb nie stanowiła ryzyka dla zdrowia konsumentów.

Ze względu na duże różnice w zawartości składników mineralnych a tym samym w wartości odżywczej mięśni ryb kontynuowanie badań w tym zakresie umożliwi ocenę ich przydatności jako składników diety.

Wyniki badań własnych uzupełniają nieliczne dane piśmiennictwa nt. zawartości wapnia, magnezu, miedzi, manganu, cynku, żelaza, chromu i selenu w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego. Prezentowane dane mogą być wykorzystane przez osoby zawodowo związane z dietetyką i żywieniem, hodowców ryb i konsumentów oraz do celów naukowo - dydaktycznych.

Celem badań w pracy „Microbiological quality of farmed grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish” (4.1.4.) było określenie jakości mikrobiologicznej amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego. Badanie mikrobiologiczne przeprowadzono w kierunku określenia liczby bakterii tlenowych, psychrofilnych, z rodziny *Enterobacteriaceae* i rodzaju *Staphylococcus* oraz obecności drobnoustrojów chorobotwórczych takich jak *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus*.

Zagrożenia mikrobiologiczne w środkach spożywczych stanowią istotne zagadnienie w higienie żywności. Z wyjątkiem histaminy dla określonych produktów rybołówstwa, prawo żywnościowe UE nie określa mikrobiologicznych kryteriów bezpieczeństwa i kryteriów higieny procesu dla ryb świeżych tj. które nie zostały poddane żadnemu działaniu konserwującemu poza chłodzeniem (rozp. WE Nr 2073/2005; rozp. WE Nr 853/2004). Brak określonych kryteriów bezpieczeństwa stwarza potencjalne ryzyko dla zdrowia konsumentów. Według danych piśmiennictwa ryby konsumpcyjne były źródłem drobnoustrojów chorobotwórczych dla ludzi m.in. *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* (Novotny i wsp. 2004; Wogu,

Maduakor 2010; Yücel, Balci 2010; Zadernowska i wsp. 2010; Ninan i wsp. 2011; Terentjeva i wsp. 2015; Chanpiwat i wsp. 2016). Z kolei brak określonych, akceptowalnych poziomów zanieczyszczenia ogólnego dla ryb świeżych uniemożliwia zarówno ocenę ich jakości mikrobiologicznej jako surowca jak i przydatności technologicznej. Międzynarodowa Komisja ds. Mikrobiologicznej Specyfikacji Żywności (International Commission on Microbiological Specification for Foods, ICMSF 1986) proponuje kryteria mikrobiologiczne dla ryb świeżych oparte o liczbę bakterii tlenowych i *E. coli*, którymi posługują się autorzy badań związanych z oceną jakości mikrobiologicznej ryb (Arkoudelos i wsp. 2007; Hernández i wsp. 2009; Ninan i wsp. 2011; Li i wsp. 2013; Binsi i wsp. 2015; Popelka i wsp. 2016; Yu i wsp. 2017).

Liczba bakterii tlenowych wykazana u amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego wynosiła log 4.4-4.6 jtk/g ($P > 0.05$). Rekomendowana przez ICMSF liczba bakterii tlenowych dla ryb świeżych określona jest wartością graniczną $m=5 \times 10^5$ (log 5.7) i wartością maksymalną $M=10^7$ (log 7.0) jtk na g lub cm^2 . W odniesieniu do poziomu przyjętego przez ICMSF, liczba bakterii tlenowych wykazana u 4 badanych gatunków ryb wskazywała na ich akceptowalną jakość. Liczba bakterii tlenowych u innych gatunków ryb (*Oncorhynchus mykiss*, *Pangasianodon hypophthalmus* i *Etroplus suratensis*) była na poziomie log 2.5 – log 5.1 jtk/g lub cm^2 , co wskazało na możliwość uzyskania surowca o lepszej jakości niż 4 badane gatunki ryb (Chytiri i wsp. 2004; Ravi Sankar i wsp. 2008; Viji i wsp. 2015; Popelka i wsp. 2016). Mikroflora bakteryjna świeżo złowionych ryb jest bezpośrednio związana ze środowiskiem z którego ryby zostały pozyskane (Li i wsp. 2013). Wpływ środowiska na ogólną liczbę bakterii został wykazany w badaniu bakteriologicznym pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*) (Tkaczewska i wsp. 2015). Pstrągi pochodzące z 4 różnych hodowli istotnie różniły się liczbą drobnoustrojów tlenowych (log 4.22-7.44 jtk/ cm^2). Oprócz środowiska, również metoda połowu i procedury po połowie wpływały na poziom zanieczyszczenia mikrobiologicznego mięśni ryb (Tzikas i wsp. 2007). Określenie ogólnej liczby bakterii w rybach świeżych (w surowcu) jest istotne z punktu widzenia przydatności spożywczej i technologicznej. Zgodnie z Barbosa i wsp. (2002) (cit. Tzikas i wsp. 2007) ogólna liczba bakterii na poziomie 10^6 - 10^7 cfu/g (lub cm^2) jest podstawą dyskwalifikacji ryb.

Liczba bakterii psychrofilnych u amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego, suma europejskiego wynosiła log 3.6-4.6 jtk/g ($P > 0.05$) i była zbliżona do liczby bakterii tlenowych, co mogło wskazywać na uchybienia w przestrzeganiu wymagań higienicznych na etapie postępowania z rybami po odłowieniu. Ta grupa bakterii powszechnie występuje na pokładach statków, w skrzynkach czy łodzi (cyt. Tzikas i wsp. 2007). Bakterie psychrofilne mogą ograniczać przydatność spożywczą i technologiczną ryb świeżych, m.in. przez powodowanie zmian jakościowych mięśni w zakresie smaku, zapachu, barwy, tekstury (cyt. Kukułowicz 2012).

Drobnoustroje *Enterobacteriaceae* są wskaźnikami higieny procesu dla niektórych rodzajów żywności (rozp. WE Nr 2073/2005). Liczba *Enterobacteriaceae* wykazana u gatunków roślinożernych tj. amura białego i tołpygi pstrej (log 3.2 jtk/g) była większa ($P < 0.05$) o ok. 1.5 log w porównaniu do gatunków drapieżnych tj. jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego (log 1.7 jtk/g), co wskazywało na mniej restrykcyjne warunki higieny pozyskiwania i/lub produkcji w przypadku gatunków roślinożernych. U 4 badanych gatunków ryb najczęściej izolowano *Klebsiella pneumoniae* subsp. *ozaenae*. Obecność *Klebsiella* w świeżych rybach wskazuje na

zanieczyszczenie fekaliami wody używanej w procesie produkcyjnym (Wogu, Maduakor 2010). W Polsce prawo żywnościowe nie określa akceptowalnych limitów dla *Enterobacteriaceae* w rybach świeżych. Poziom *Enterobacteriaceae* wykazany u gatunków roślinożernych byłby nieakceptowalny w odniesieniu do limitu (10^2 jtk/g) ustanowionego dla ryb świeżych w Chorwacji (Topic Popovic i wsp. 2010). Poziom *Enterobacteriaceae* u ryb wykazany przez innych autorów wynosił od poniżej log 2 do log 3.2 jtk/g lub cm^2 (Chytiri i wsp. 2004; Ninan i wsp. 2011; Viji i wsp. 2015). Udział *Enterobacteriaceae* w mikroflorze ryb powinien być uwzględniany w przypadkach połowów w zanieczyszczonych wodach i opóźnień w chłodzeniu ryb po złowieniu (Viji et al. 2015). Wysoki poziom *Enterobacteriaceae* w środku spożywczym prowadzi do skrócenia jego okresu przydatności do spożycia (Molska 2007).

U amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego nie stwierdzono obecności *Staphylococcus aureus* i innych gronkowców koagulazododatnich, natomiast zanieczyszczenie gronkowcami koagulazoujemnymi wykazano na poziomie log 1.8-2.5 jtk/g ($P > 0.05$). Gatunkami najczęściej izolowanymi w obrębie tej grupy były *Staphylococcus warnei*, *Staphylococcus vitulinus*, *Staphylococcus epidermidis* i *Staphylococcus xylosus*. Gronkowce koagulazoujemne mogą być mikroflorą allochtoniczną, która do stawów hodowlanych przedostaje się z zanieczyszczonej gleby lub powietrza (Tkaczewska i wsp. 2015). Świeżo złowione ryby nie powinny zawierać *Staphylococcus aureus* (cyt. Tkaczewska i wsp. 2015). Zgodnie z danymi piśmiennictwa, *S. aureus* był izolowany z ryb świeżych tj. śledzi (log 3.96 jtk/g) (Kukułowicz 2011), pstrągów (log 1.3 jtk/g) (Ninan i wsp. 2011), sumów (log 1.8 jtk/g) (Binsi i wsp. 2015) oraz *Etroplus suratensis* (< 50 jtk/g) podczas przechowywania w warunkach tlenowych i zmodyfikowanej atmosferze (0-2°C) (Ravi Sankar i wsp. 2008).

Badanie bakteriologiczne amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego przeprowadzono także w kierunku obecności drobnoustrojów chorobotwórczych takich jak *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. i *E. coli*. U 4 badanych gatunków ryb nie stwierdzono tych drobnoustrojów. Według rozporządzenia WE Nr 2073/2005 – w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych, w zależności od rodzaju żywności brak lub określona liczba *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. i *E. coli* jest kryterium bezpieczeństwa tzn. wymagania określającego akceptację produktów wprowadzanych na rynek. W piśmiennictwie udokumentowano obecność *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. i *E. coli* w rybach konsumpcyjnych (Eklund i wsp. 1995; Zaderowska i wsp. 2010; Wogu, Maduakor 2010). Do zanieczyszczenia ryb *L. monocytogenes* może dochodzić na etapach produkcji i poprodukcyjnych (Huss et al. 2000). Procedury czyszczenia, mycia i dezynfekcji eliminowały *L. monocytogenes* z linii produkcyjnej i sprzętu, ale ponowne zanieczyszczenie tym drobnoustrojem pojawiło się wkrótce po wznowieniu produkcji, co wskazywało, że pierwotnym źródłem zanieczyszczenia był surowiec wprowadzony do miejsca przetwórstwa (Eklund et al. 1995). Obecność *Salmonella* spp. w świeżych rybach może być skutkiem wykorzystywania w procesie produkcji wody zanieczyszczonej fekaliami (Wogu, Maduakor 2010) jak również nosicielstwa wśród personelu czy nieprawidłowej dezynfekcji (cyt. Binsi et al. 2015). Ryzyko zanieczyszczenia *Salmonella* spp. jest większe u ryb słodkowodnych niż u ryb morskich (cyt. Youssef et al. 1992). Źródłem *E. coli* może być środowisko (w tym produkcyjne), woda

oraz personel (Wogu, Maduakor 2010). Obecność *E. coli* w rybach spożywczych jest wskaźnikiem zanieczyszczenia bakteriami typu kałowego i powinna skutkować wdrożeniem kolejnych procedur diagnostycznych w kierunku ew. obecności patogennych szczepów tego gatunku bakterii (Costa 2013). W literaturze krajowej badania bakteriologiczne świeżych ryb były nieliczne, co prawdopodobnie wynikało z braku wyznaczonych kryteriów dla tych środków spożywczych w prawie żywnościowym. Wyniki badań w dostępnym piśmiennictwie wskazywały na potrzebę monitoringu ryb konsumpcyjnych w kierunku obecności drobnoustrojów chorobotwórczych. Kryteria mikrobiologiczne dla środków spożywczych zawarte w rozporządzeniu WE Nr 2073/2005 są weryfikowane i uzupełniane w zależności od rozpoznanych zagrożeń.

Wnioski

Na podstawie wyników badania mikrobiologicznego oceniono jakość mikrobiologiczną amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego.

U amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego nie stwierdzono drobnoustrojów chorobotwórczych takich jak *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli* oraz *Staphylococcus aureus* i innych gronkowców koagulazododatnich. Liczba bakterii tlenowych u 4 badanych gatunków ryb była niższa od limitu określonego przez ICMSF dla świeżych ryb, co wskazywało na akceptowalną jakość tych gatunków ryb. Miejsce pozyskania ryb determinowało poziom ogólnego zanieczyszczenia bakteryjnego i drobnoustrojów z rodziny *Enterobacteriaceae*. Poziom bakterii psychrofilnych u amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego oraz poziom *Enterobacteriaceae* u amura białego i tołpygi pstrej wskazywał na niedostateczny poziom higieny na etapie pozyskiwania i/lub produkcji. Biorąc pod uwagę udział tych grup bakterii w rozkładzie tkanki mięśniowej ryb podczas przechowywania w warunkach chłodniczych, procedury naprawcze w zakresie higieny na etapie pozyskiwania i/lub produkcji tych gatunków ryb były wskazane. Wyniki badań wskazały na potrzebę ustalenia kryteriów higieny procesu. Nieobecność drobnoustrojów chorobotwórczych takich jak *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *E. coli* i *Staphylococcus aureus* u 4 badanych gatunków ryb nie powinna być wskazaniem do zaniechania badań w tym kierunku.

Wyniki badań własnych uzupełniają nieliczne dane piśmiennictwa krajowego w literaturze przedmiotu i mogą być wykorzystane do celów naukowo - dydaktycznych.

Celem badań w pracy „Content of Hg, Pb and Cd in the muscles of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon and wels catfish from eastern Poland” (4.1.5.) było określenie zawartości rtęci (Hg), ołowiu (Pb) i kadmu (Cd) w tkance mięśniowej amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego, porównanie ich poziomów z wartościami referencyjnymi oraz ocena ryzyka toksycznego wpływu tych pierwiastków na zdrowie konsumentów.

Obowiązek określenia zawartości Hg, Pb i Cd w mięśniach ryb konsumpcyjnych wynika z prawa żywnościowego. Zgodnie z rozporządzeniem WE Nr 1881/2006 dopuszczalny maksymalny poziom Hg w mięśniach amura, tołpygi i suma wynosi 0.50 mg kg⁻¹ ww a dla jesiotra 1.0 mg kg⁻¹ ww, natomiast maksymalne dopuszczalne poziomy Pb i Cd dla 4 badanych gatunków ryb wynoszą odpowiednio 0.30 i 0.050 mg kg⁻¹ ww.

Średnia zawartość rtęci (Hg) w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego wynosiła 0.008-0.056 mg kg⁻¹ ww. Zawartość Hg w mięśniach jesiotra syberyjskiego i tołpygi pstrej była wyższa (0.056 i 0.024 mg kg⁻¹ ww; P < 0.05) w porównaniu do mięśni amura białego i suma europejskiego (0.008 mg kg⁻¹ ww). Według danych piśmiennictwa, zawartość Hg w mięśniach różnych gatunków ryb konsumpcyjnych wynosiła od 0.008 do 1.6 mg kg⁻¹ ww (Tkaczewska, Migdał 2012a, 2012b; Squadrone i wsp. 2013; Noël i wsp. 2013; Wei i wsp. 2014; Bosch i wsp. 2016; Araújo, Cedeño-Macias 2016). Wei i wsp. (2014) wykazał wyższą zawartość Hg w mięśniach gatunków drapieżnych (0.082-0.168 mg kg⁻¹) w porównaniu do gatunków roślinożernych i wszystkożernych (0.008-0.054 mg kg⁻¹). W badaniach własnych takiej zależności nie stwierdzono, zawartość Hg była porównywalna w mięśniach drapieżnych i roślinożernych gatunków tj. suma europejskiego i amura białego jak też jesiotra syberyjskiego i tołpygi pstrej.

Średnia zawartość ołowiu (Pb) w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego wynosiła 0.029-0.047 mg kg⁻¹ ww. Różnice w poziomie Pb (P < 0.05) wystąpiły pomiędzy dwoma gatunkami, poziom Pb w mięśniach jesiotra syberyjskiego był wyższy (0.047 mg kg⁻¹ ww) niż w mięśniach tołpygi pstrej (0.029 mg kg⁻¹ ww). Zgodnie z wynikami badań innych autorów, zawartość Pb wykazana w mięśniach różnych gatunków ryb konsumpcyjnych wynosiła od 0.03 do 8.62 mg kg⁻¹ ww (Al Sayegh Petkovšek i wsp. 2012; Tkaczewska, Migdał 2012a, 2012 b; Leung i wsp. 2014; Ahmed i wsp. 2015; Ahmed i wsp. 2016).

Średnia zawartość kadmu (Cd) w tkankach mięśniowych amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego była najniższa z analizowanych metali i wynosiła 0.001-0.004 mg kg⁻¹ ww. Poziomy kadmu wśród tych gatunków ryb były porównywalne (P > 0.05). Zawartość Cd w mięśniach różnych gatunków ryb konsumpcyjnych wynosiła od 0.0009 do 2.4 mg kg⁻¹ ww (Tkaczewska, Migdał 2012a, 2012b; Mert i wsp. 2014; Wei i wsp. 2014; Ahmed i wsp. 2015; Araújo, Cedeño-Macias 2016).

Z porównania zawartości Hg, Pb i Cd w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego z zawartością tych metali w mięśniach różnych gatunków ryb konsumpcyjnych wynikało, że zawartość analizowanych pierwiastków w mięśniach 4 badanych gatunków ryb była niska. Różnice w zawartości metali ciężkich w mięśniach ryb wynikały z wpływu czynników takich jak gatunek, wiek, rodzaj pokarmu, środowisko, region geograficzny (Cheung i wsp. 2008; Copat i wsp. 2012; Wei i wsp. 2014; Zhu i wsp. 2015; Has-Schön i wsp. 2015; Bosch i wsp. 2016; Heshmati i wsp. 2017).

Zgodnie z danymi piśmiennictwa, zawartość Hg, Pb i Cd w mięśniach ryb konsumpcyjnych przekraczała akceptowalne poziomy (Agusa i wsp. 2004; Dural i wsp. 2007; Rahman i wsp. 2012; Squadrone i wsp. 2013; Leung i wsp. 2014; Has-Schön i wsp. 2015; Araújo, Cedeño-Macias 2016; Ivanović i wsp. 2016). Dane dotyczące zawartości Hg, Pb i Cd w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej i suma europejskiego wskazywały, że zawartość Hg u suma (0.51-1.43 mg kg⁻¹ ww), Pb u amura (0.44-0.65 mg kg⁻¹ ww), tołpygi (0.33-7.60 mg kg⁻¹ ww) i suma (1.2-1.5 mg kg⁻¹ ww) oraz Cd u amura (0.13-0.24 mg kg⁻¹ ww), tołpygi (0.06-0.62 mg kg⁻¹ ww) i suma (0.4-0.5 mg kg⁻¹ ww) była wyższa niż dopuszczalne wartości określone w rozporządzeniu WE Nr 1881/2006 (Cheung i wsp. 2008; Squadrone i wsp. 2013; Leung i wsp. 2014; Zhu i wsp. 2015; Has-Schön i wsp. 2015; Ivanović i wsp. 2016). Has-Schön i wsp. (2015) wykazała, że tkanki suma europejskiego akumulowały większe ilości Pb, Hg i Cd

w porównaniu do karpia. Carrasco i wsp. (2011) wykazał, że zawartość Hg w mięśniach suma była 3.6 razy większa niż w mięśniach karpia. W badaniach własnych, zawartość Pb i Cd w mięśniach suma europejskiego była porównywalna do zawartości Pb i Cd w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego, natomiast zawartość Hg w mięśniach suma europejskiego była niższa niż w mięśniach tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego. U gatunków z rodziny jesiotropowych (rodzaj *Acipenser*) poziomy Pb i Cd (dla Hg brak danych) były niższe (odpowiednio 0.004-0.037 i 0.001-0.006 $\mu\text{g g}^{-1}$ ww) (Pourang i wsp. 2005) niż limity określone w rozporządzeniu WE Nr 1881/2006.

Ocenę ryzyka dla zdrowia konsumentów związanego z zawartością Hg, Pb i Cd w mięśniach 4 badanych gatunków ryb przeprowadzono w oparciu o oszacowane dzienne spożycie (estimated daily intake, EDI) i dawki referencyjne (reference dose, RfD) – wyliczając (target hazard quotient, THQ) i (total target hazard quotient, TTHQ) (Heshmati i wsp. 2017; USEPA 2016). Akceptowalną wartością dla THQ (target hazard quotient) i TTHQ (total target hazard quotient) jest 1 (USEPA 2016). Wartości THQ i TTHQ były mniejsze niż 1, co oznaczało, że analizowane metale ciężkie ani pojedynczo (THQ), ani łącznie (TTHQ) nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia konsumentów 4 badanych gatunków ryb. Zhu i wsp. (2015) wykazał, że wartości THQ dla analizowanych pierwiastków nie przekraczały akceptowalnej wartości, ale wartości TTHQ były wyższe niż wartość akceptowalna w przypadku 9 gatunków ryb z Chin (TTHQ 1.165-1.742), co wskazywało na ryzyko dla zdrowia konsumentów tych gatunków.

Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników badań określono zawartość rtęci, ołowiu i kadmu w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego, suma europejskiego oraz porównano ich poziomy z wartościami referencyjnymi i oceniono ryzyko toksycznego wpływu tych pierwiastków na zdrowie konsumentów.

Wśród badanych gatunków ryb wystąpiły różnice w zawartości rtęci i ołowiu. Poziomy kadmu w mięśniach 4 badanych gatunków ryb były porównywalne.

Zawartość rtęci, ołowiu i kadmu w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego była niższa od limitów określonych w prawie żywnościowym. Uwzględniając zawartość tych pierwiastków w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego oraz spożycie ryb w Polsce wykazano, że konsumpcja tych gatunków ryb nie stanowiła ryzyka dla zdrowia konsumentów.

Poziomy rtęci, ołowiu i kadmu w mięśniach amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego w porównaniu do poziomu tych pierwiastków w mięśniach innych gatunków ryb konsumpcyjnych były niskie.

Wymagania zawarte w prawie żywnościowym zobowiązują do oznaczania zawartości rtęci, ołowiu i kadmu w mięśniach ryb. Wyniki badań własnych uzupełniają dane w literaturze przedmiotu i mogą być wykorzystane do celów naukowo - dydaktycznych.

Celem badań w pracy „Shelf life of grass carp, bighead carp, Siberian sturgeon, and wels catfish stored under refrigerated conditions” (4.1.6.) było określenie trwałości amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego przechowywanych w warunkach chłodniczych. Ocenę przeprowadzono na podstawie badania mikrobiologicznego, pomiarów wartości pH, barwy i tekstury oraz oceny organoleptycznej wybranych cech tkanki mięśniowej.

Chłodzenie jest powszechnie stosowaną metodą konserwacji ryb świeżych (Maas-van Berkel i wsp. 2004; Yu i wsp. 2017). Kryteria dla ryb świeżych przyjęte przez Międzynarodową Komisję ds. Mikrobiologicznych Specyfikacji Żywności (ICMSF 1986) są wykorzystywane do oceny jakości mikrobiologicznej ryb w czasie przechowywania (Arkoudelos i wsp. 2007; Li i wsp. 2013; Viji i wsp. 2015). Liczba bakterii tlenowych dla ryb świeżych określona jest wartością graniczną $m=5 \times 10^5$ (log 5.7) i wartością maksymalną $M=10^7$ (log 7.0) jtk na g lub cm^2 . W dniu 0 liczba bakterii tlenowych w mięśniach 4 badanych gatunków ryb była porównywalna (log 4.4-4.6 jtk/g; $P > 0.05$). W badanym okresie przechowywania liczba bakterii tlenowych przekroczyła limit log 7.0 jtk/g tylko u suma europejskiego (w 12 dniu log 7.6 jtk/g; $P < 0.05$). Liczba bakterii tlenowych u tołpygi pstrej pozostawała w przedziale od "m" do "M" od 12 dnia do końca okresu przechowywania (log 6.5-6.8 jtk/g; $P < 0.05$), natomiast w przypadku amura białego i jesiotra syberyjskiego nie przekraczała limitu "m" przez cały okres przechowywania (w ostatnim dniu odpowiednio log 5.1 i log 5.4 jtk/g; $P > 0.05$). Na podstawie wyników badania bakteriologicznego wykazano, że u 4 badanych gatunków ryb maksymalny akceptowalny poziom bakterii tlenowych nie został przekroczony nawet na etapie ich dyskwalifikacji spożywczej, co wskazało na nieprzydatność tego kryterium w ocenie jakości ryb przechowywanych w chłodni. Wg Poli i wsp. (2006) limit bakterii tlenowych ustalony przez ICMSF jest dyskusyjny, ponieważ rozkład bakteryjny ryb może zachodzić przy liczbie bakterii niższej od log 7 jtk/g. Aktywność drobnoustrojów jest głównym czynnikiem ograniczającym trwałość świeżych ryb, chociaż w temperaturze 0°C ryby mogą tracić świeżość zanim wystąpi istotny wzrost bakterii (Mazorra-Manzano i wsp. 2000; Ghaly i wsp. 2010). W zależności od gatunku ryb słodkowodnych, akceptowalny maksymalny poziom bakterii tlenowych dla ryb świeżych (log 7 jtk/g) został stwierdzony po 11, 14, 15, 18, 20 dniu przechowywania (temp. $0 - 5^\circ\text{C}$) (Chytiri i wsp. 2004; Arkoudelos i wsp. 2007; Ninan i wsp. 2011; Li i wsp. 2013; Viji i wsp. 2015) a w przypadku ryby morskiej (turbot) ten poziom nie został osiągnięty nawet w 40 dniu przechowywania (Rodríguez i wsp. 2003).

Bakterie psychrofilne są mikroflorą dominującą w tkankach ryb przechowywanych w warunkach chłodni (Yassoralipour i wsp. 2013). Ta grupa bakterii powoduje jakościowe zmiany smaku, zapachu, barwy i tekstury (cyt. Kukułowicz 2012). Liczba bakterii psychrofilnych przekroczyła liczbę bakterii tlenowych w 6 dniu u suma europejskiego, w 10 dniu u amura białego, w 12 dniu u tołpygi pstrej a u jesiotra syberyjskiego liczba drobnoustrojów psychrofilnych i tlenowych była porównywalna podczas całego okresu przechowywania. W porównaniu do 4 badanych gatunków ryb, dynamika wzrostu bakterii psychrofilnych w filetach *Lates calcarifer* była większa, ich liczba przekroczyła liczbę bakterii mezofilnych po 4 dniach przechowywania w temp. 0°C i 8°C (Yassoralipour i wsp. 2013).

Wartości post-mortem pH mięśni ryb w zależności od gatunku ryb, sezonu pozyskania, żywienia, poziomu aktywności i rodzaju mięśni wynosiły od 6.0 do 7.1 (Tzikas i wsp. 2007; Li i wsp. 2011; Li i wsp. 2013). U 4 badanych gatunków ryb wartości pH mięśni w dniu 0 (amur 6.37, tołpyga 6.43, jesiotr 7.08 i suma 7.19) i w czasie całego okresu przechowywania (w zależności od gatunku pH 6.22-7.19) zawierały się w wymienionym przedziale wartości. U gatunków roślinożernych wartości pH były wyższe ($P < 0.05$) w 10 dniu i kolejnych dniach przechowywania w porównaniu z dniem 0. Zależności tej nie stwierdzono u gatunków drapieżnych. U suma różnice w wartościach pH ($P < 0.05$) wystąpiły jedynie pomiędzy dniami 0 i 6, natomiast u jesiotra wartości pH począwszy od 2 dnia były niższe ($P < 0.05$) niż w dniu 0. Mimo różnic ($P < 0.05$) w poziomach pH pomiędzy niektórymi dniami w okresie przechowywania u 4 badanych gatunków ryb, wartości pH nie mogły być wykorzystane do oceny ich jakości. Podobnie, wartości pH nie były kryterium zmian jakościowych w badaniach przechowalniczych *Anguilla anguilla* (Arkoudelos i wsp. 2007), *Pseudosciaena crocea* (Li i wsp. 2013) oraz *Epinephelus awoara* (Li i wsp. 2011).

Parametry L^* , a^* , b^* i c^* charakteryzują barwę tkani mięśniowej (L^* jasność, a^* i b^* chromatyczność, c^* nasycenie). Wyjściowe wartości parametru L^* (dzień 0) wskazywały na różnice w jasności barwy mięśni między badanymi gatunkami ryb (zależnie od gatunku L^* 48.0-60.5). W dniu dyskwalifikacji wartości L^* u amura białego i tołpygi pstrej były wyższe ($P < 0.05$), natomiast u jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego zbliżone ($P > 0.05$) do wartości wyjściowej. W badanym okresie przechowywania jasność barwy mięśni amura białego i tołpygi pstrej wzrosła a jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego nie zmieniła się. Natomiast wartości parametrów a^* i b^* u badanych gatunków zmieniały się nieregularnie, co oznaczało brak uchwytnej prawidłowości w zmianach udziału koloru czerwonego i zielonego oraz koloru żółtego i niebieskiego w barwie mięśni i jej intensywności. Wobec powyższego, wartości parametrów barwy tkanki mięśniowej amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego nie stanowiły kryterium w ocenie ich jakości w badanym okresie. Porównanie wyników badań własnych z okresu przechowywania dla jesiotra syberyjskiego z wynikami Jankowskiej i wsp. (2005) dla świeżych filetów jesiotra syberyjskiego i hybryd jesiotra wykazało, że wartości parametru L^* nie odzwierciedlały zmian w świeżości jesiotra syberyjskiego w badanym okresie przechowywania. Wartości parametrów barwy L^* i a^* były przydatnymi wskaźnikami do oceny jakości mięsa wieprzowego (cyt. Przybylski i wsp. 2008).

Tkanki mięśniowe 4 badanych gatunków ryb stopniowo traciły twardość i spoistość podczas przechowywania. U ryb o nieakceptowalnej jakości utrata twardości wynosiła od 25.8% (jesiotr syberyjski) do 64% (amur biały) a spoistości od 25.2% (jesiotr syberyjski) do 60.8% (tołpyga pstra). Pogorszenie cech tekstury mięśni ryb podczas przechowywania w warunkach chłodni wykazano także w innych badaniach (Gallart-Jornet i wsp. 2007; Jain i wsp. 2007; Larsson i wsp. 2014). Różnice w wartościach parametrów tekstury mogą wynikać z różnej gęstości włókien i różnic w składzie chemicznym mięśni (np. zawartości tłuszczu i kolagenu) jak też różnego tempa autolizy i zmian mikrobiologicznych, co skutkuje utratą twardości i elastyczności mięśni w różnym czasie post mortem (Olafsdottir i wsp. 2004). Te czynniki utrudniają zdefiniowanie uniwersalnych kryteriów dla

wybranych parametrów tekstury wyznaczających granicę dla akceptowalnej jakości mięśni ryb przechowywanych w warunkach chłodni.

W ocenie organoleptycznej 4 gatunków ryb zmiany wystąpiły w kolejności w wyglądzie skóry, konsystencji tkanki mięśniowej i zapachu. Niekorzystne zmiany w wyglądzie skóry wystąpiły u 4 badanych gatunków ryb w 4 dniu przechowywania. Zmiany konsystencji tkanki mięśniowej wystąpiły najwcześniej u sumy europejskiego (w 4 dniu przechowywania) a następnie u pozostałych badanych gatunków ryb (w 8 dniu przechowywania). Na tym etapie przechowywania jakość 4 badanych gatunków ryb była akceptowalna. Niekorzystne zmiany zapachu stwierdzono u sumy europejskiego w 6 dniu a u amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego w 12 dniu przechowywania. Nieakceptowalny zapach był przyczyną dyskwalifikacji 4 badanych gatunków ryb. Trwałość amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego oraz sumy europejskiego przechowywanych w chłodni wynosiła odpowiednio 12 i 6 dni. W ocenie trwałości badanych gatunków ryb przechowywanych w chłodni istotne znaczenie miała ocena organoleptyczna. Ocena organoleptyczna także była bardziej użyteczna niż testy fizyczne i chemiczne w ocenie świeżości okonia (*Bidyanus bidyanus*) (Gelman i wsp. 2001). Poli i wsp. (2006) wskazała na problem w ocenie trwałości świeżych ryb, który wynika z braku obiektywnych standardów dyskwalifikacji lub akceptacji opartych na pomiarach instrumentalnych lub badaniach mikrobiologicznych i na konieczność prowadzenia oceny organoleptycznej.

Wnioski

W warunkach chłodni trwałość amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego była dłuższa niż suma europejskiego, co wskazało na różną przydatność chłodzenia jako metody konserwacji w aspekcie czasu trwania obrotu. Przyczyną dyskwalifikacji 4 badanych gatunków ryb były zmiany organoleptyczne. Tkanka mięśniowa sumy europejskiego była bardziej podatna na rozkład bakteryjny w porównaniu do tkanek mięśniowych pozostałych badanych gatunków ryb. Poziom ogólnego zanieczyszczenia bakteryjnego dla ryb świeżych sugerowany przez ICMSF nie był kryterium w ocenie jakości amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i sumy europejskiego. Instrumentalne pomiary pH, barwy i tekstury mięśni nie były użyteczne w ocenie zmian jakościowych 4 badanych gatunków ryb podczas przechowywania w chłodni. W określeniu trwałości amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i sumy europejskiego w warunkach chłodni istotne znaczenie miały wyniki oceny organoleptycznej.

Liczba bakterii tlenowych niższa niż 7.0 log cfu/g nie może stanowić kryterium akceptacji jakości ryb świeżych w badaniach przechowalniczych. Trudność w ustaleniu uniwersalnych kryteriów jakości ryb przechowywanych w chłodni w oparciu o badanie bakteriologiczne czy instrumentalne pomiary wartości pH, parametrów tekstury i barwy wynika z wpływu czynników zmienności na cechy ich mięśni. Badanie organoleptyczne umożliwia ocenę jakości ryb podczas przechowywania w chłodni. Wyniki badań własnych mogą być wykorzystane przez producentów ryb, technologów żywności oraz do celów naukowo - dydaktycznych.

Na podstawie uzyskanych wyników badań przedstawionych w cyklu publikacji „Wartość odżywcza i bezpieczeństwo dla zdrowia konsumentów amura białego, tołpygi pstrej, jesiotra syberyjskiego i suma europejskiego” wykazano, że:

1. amur biały, tołpyga pstra, jesiotr syberyjski i sum europejski pochodzące z akwakultury ze względu na zawartość składników odżywczych a tym samym wartość odżywczą mogą stanowić wartościowy składnik diety
2. w zależności od gatunku, różnice w składzie chemicznym mięśni badanych ryb dotyczyły zawartości białka, tłuszczu, wody, aminokwasów, kwasów tłuszczowych i składników mineralnych
3. hodowla wymienionych gatunków ryb bez stosowania pasz przemysłowych daje możliwość uzyskania surowca o wysokiej wartości odżywczej
4. jakość mikrobiologiczna badanych gatunków ryb była akceptowalna
5. miejsce pozyskania ryb świeżych determinowało poziom ogólnego zanieczyszczenia bakteryjnego i drobnoustrojów z rodziny *Enterobacteriaceae*
6. istnieje potrzeba określenia kryteriów higieny procesu dla ryb świeżych
7. zawartość rtęci, ołowiu i kadmu u wymienionych gatunków ryb nie stanowiła zagrożenia dla zdrowia konsumentów
8. w warunkach chłodni trwałość amura białego, tołpygi pstrej i jesiotra syberyjskiego była dłuższa niż suma europejskiego, co wskazuje na różną przydatność chłodzenia jako metody konserwacji w aspekcie czasu trwania obrotu
9. badanie organoleptyczne ma istotne znaczenie w ocenie jakości ryb świeżych przechowywanych w warunkach chłodni
10. ogólne zanieczyszczenie bakteryjne nie przekraczające log 7.0 cfu/g nie powinno być kryterium jakości ryb świeżych w badaniach przechowalniczych
11. badanie bakteriologiczne w zakresie liczby bakterii tlenowych i psychrofilnych oraz instrumentalne pomiary wartości pH, parametrów barwy i wybranych parametrów tekstury tkanki mięśniowej są niewystarczające do oceny jakości ryb świeżych przechowywanych w chłodni i ustalenia uniwersalnych kryteriów ich akceptacji lub dyskwalifikacji
12. ze względu na występowanie między- i wewnątrzgatunkowych różnic w zawartości składników odżywczych w mięśniach ryb konsumpcyjnych oraz możliwość wykorzystania ryb hodowlanych jako składników diet badania w kierunku określenia ich wartości odżywczej i bezpieczeństwa dla konsumentów powinny być kontynuowane

Piśmiennictwo:

1. Afkhami M., Mokhlesi A., Bastami K.D., Khoshnood R., Eshaghi N., Ehsanpour M.: Survey of some chemical compositions and fatty acids in cultured common carp (*Cyprinus carpio*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), Noshahr. Iran. World J. Fish Marine Sci., 3, 533-538, 2011.
2. Agusa T., Kunito T., Tanabe S., Pourkazemi M., Aubrey D. G.: Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea. Marine Pollut. Bull., 49, 789-800, 2004.
3. Ahmed M.K., Baki M.A., Islam M.S., Kundu G.K., Habibullah-Al-Mamun M., Sarkar S.K., Hossain M.M.: Human health risk assessment of heavy metals in tropical fish and shellfish collected from the river Buriganga, Bangladesh. Environ. Sci. Pollut. Res., 22, 15880-15890, 2015.
4. Ahmed M.K., Baki M.A., Kundu G.K., Islam M.S., Islam M.M., Hossain M.M.: Human health risks from heavy metals in fish of Buriganga river, Bangladesh. Springerplus, 5, 1697, 2016.
5. Al Sayegh Petkovšek S., Mazej Grudnik Z., Pokorný B.: Heavy metals and arsenic concentrations in ten fish species from the Šalek lakes (Slovenia): assessment of potential human health risk due to fish consumption. Environ. Monit. Assess., 184, 2647-2662, 2012.
6. Araújo C.V.M., Cedeño-Macias L.A.: Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. Sci. Total Environ., 541, 149-154, 2016.
7. Arkoudelos J., Stamatis N., Samaras F.: Quality attributes of farmed eel (*Anguilla Anguilla*) stored under air, vacuum and modified atmosphere packaging at 0°C. Food Microbiol., 24, 728-735, 2007.
8. Avigliano E., Schenone N.F., Volpedo A.V., Goessler W., Cirelli A.F.: Heavy metals and trace elements in muscle of silverside (*Odontesthes bonariensis*) and water from different environments (Argentina): aquatic pollution and consumption effect approach. Sci. Total Environ., 506-507, 102-108, 2015.
9. Badiani A., Anfossi P., Fiorentini L., Gatta P.P., Manfredini M., Nanni N., Stipa S., Tolomelli B.: Nutritional composition of cultured sturgeon (*Acipenser* spp.). J. Food Compos. Anal., 9, 171-190, 1996.
10. Barszcz A.A., Sidoruk M., Siemanowska E., Skibniewska K.A., Szarek J.: Bioaccumulation of minerals in muscle tissue of rainbow trout in dependence on breeding conditions. Proceedings of ecopole, 8, 471-480, 2014.
11. Binsi P. K., Viji P., Visnuvinayagam S., Ninan G., Sangeeta G., Triveni A., Ravishankar C.N.: Microbiological and shelf life characteristics of eviscerated and vacuum packed freshwater catfish (*Ompok pabda*) during chill storage. J. Food Sci. Technol., 52, 1424-1433, 2015.
12. Bosch A.C., O'Neill B., Sigge G.O., Kerwath S.E., Hoffman L.C.: Mercury accumulation in Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) with regards to muscle type, muscle position and fish size. Food Chem., 190, 351-356, 2016.
13. Carrasco L., Barata C., Garcia-Berthou E., Tobias A., Bayona J.M., Diez S.: Patterns of mercury and methylmercury bioaccumulation in fish species downstream of a long-term mercury contaminated site in the lower Ebro River (NE Spain). Chemosphere 84, 1642-1649, 2011.
14. Çelik M., Diler A., Küçükgülmez A.: A comparison of the proximate compositions and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. Food Chem., 92, 637-641, 2005.
15. Cengiz E.İ., Ünlü E., Bashan M.: Fatty acid composition of total lipids in muscle tissues of nine freshwater fish from the River Tigris (Turkey). Turk. J. Biol. 34, 433-438, 2010.

16. Chanpiwat P., Sthiannopkao S., Widmer K., Himeno S., Miyataka H., Vu N.U., Tran V.V., Pham T.T.: Assessment of metal and bacterial contamination in cultivated fish and impact on human health for residents living in the Mekong Delta. *Chemosphere*, 163, 342-350, 2016.
17. Cheung K.C., Leung H.M., Wong M.H.: Metal concentrations of common freshwater and marine fish from the Pearl River Delta, South China. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 54, 705-715, 2008.
18. Chytiri S., Chouliara I., Savva I.N., Kontominas M.G.: Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiol.*, 21, 157-165, 2004.
19. Copat C., Bella F., Castaing M., Fallico R., Sciacca S., Ferrante M.: Heavy metals concentrations in fish from Sicily (Mediterranean Sea) and evaluation of possible health risks to consumers. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 88, 78-83, 2012.
20. Costa R.A.: *Escherichia coli* in seafood: A brief overview. *Adv. Biosci. Biotechnol.*, 4, 450-454, 2013.
21. Ćirković M., Trbović D., Ljubojević D., and Đorđević V.: Meat quality of fish farmed in polyculture in carp ponds in Republic of Serbia. *Tehnologija mesa*, 52, 106-121, 2011.
22. Dhanakumar S., Solaraj G., Mohanraj R.: Heavy metal partitioning in sediments and bioaccumulation in commercial fish species of three major reservoirs of river Cauvery delta region, India. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 113, 145-151, 2015.
23. Dural M., Göksu M.Z.L., Özak A.A.: Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chem.*, 102, 415-421, 2007.
24. Dutkowska A., Rachoń D.: Rola kwasów tłuszczowych n-3 i n-6 w prewencji chorób układu sercowo-naczyniowego. *Choroby Serca i Naczyń*, 12, 154-159, 2015.
25. EFSA. Scientific opinion of the panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the European Commission related to labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *The EFSA Journal*, 1176, 1-11, 2009.
26. Eklund M. W., Poysky F. T., Paranjpye R. N., Lashbrook L. C., Peterson M. E., Pelroy G. A.: Incidence and sources of *Listeria monocytogenes* in cold-smoked fishery products and processing plants. *J. Food Prot.*, 58, 502-508, 1995.
27. El-Moselhy Kh.M., Othman A.I., Abd El-Azem H., El-Metwally M.E.A.: Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. *Egypt. J. Basic Appl. Sci.*, 1, 97-105, 2014.
28. Elnabris K.J., Muzyed S.K., El-Ashgar N.M.: Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). *J. Assn. Arab. Univ. Basic Appl. Sci.*, 13, 44-51, 2013.
29. El-Sadaawy M.M., El-Said G.F., Sallam N.A.: Bioavailability of heavy metals in fresh water *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758): Potential risk to fishermen and consumers. *J. Environ. Sci. Health B*, 48, 402-409, 2013.
30. Erkan N., Özden Ö.: Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Spartus aurata*) analyzed by ICP-MS. *Food Chem.*, 102, 721-725, 2007.
31. Gallart-Jornet L., Rustad T., Barat J.M., Fito P., Escriche I.: Effect of superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Food Chem.*, 103, 1268-1281, 2007.
32. Gawęcki J., Hryniewiecki L.: *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. PWN, Warszawa 2000.
33. Gelman A., Glatman L., Drabkin V., Harpaz S.: Effects of storage temperature and preservative treatment on shelf life of the pond-raised freshwater fish, silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *J. Food Prot.*, 64, 1584-1591, 2001.

34. Ghaly A.E., Dave D., Budge S., Brooks M.S.: Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review. *Am. J. Appl. Sci.*, 7, 859-877, 2010.
35. Ghomi M.R., Dezhabad A., Dalirie M.S., Nikoo M., Toudar S., Sohrabnejad M., Babaei Z.: Nutritional properties of kutum, *Rutilus frisii kutum* (Kamensky), silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.), and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), correlated with body weight. *Arch. Pol. Fish.*, 20, 275-280, 2012.
36. Grela E.R., Dudek R.: Składniki odżywcze i profil kwasów tłuszczowych mięsa wybranych gatunków ryb morskich i słodkowodnych. *Żywnie Człowieka i Metabolizm*, 34, 561-566, 2007.
37. Grela E.R., Pisarski R.K., Kowalczyk-Vasilev E., Rudnicka A.: Zawartość składników odżywczych, mineralnych i profil kwasów tłuszczowych w mięsie wybranych gatunków ryb w zależności od terminu odłowu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 71, 63-72, 2010.
38. Hadjinikolova L., Nikolova L., Stoeva A.: Comparative investigations on the nutritive value of carp fish meat (*Cyprinidae*), grown at organic aquaculture conditions. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 14, 127-132, 2008.
39. Has-Schön E., Bogut I., Vuković R., Galović D., Bogut A., Horvatić J.: Distribution and age-related bioaccumulation of lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) in tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) and European catfish (*Sylurus glanis*) from the Buško Blato reservoir (Bosnia and Herzegovina). *Chemosphere*, 135, 289-296, 2015.
40. Hernández M.D., López M.B., Álvarez A., Ferrandini E., García García B., Garrido M.D.: Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chem.*, 114, 237-245, 2009.
41. Heshmati A., Karami-Momtaz J., Nili-Ahmadabadi A., Ghadimi S.: Dietary exposure to toxic and essential trace elements by consumption of wild and farmed carp (*Cyprinus carpio*) and Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) in Iran. *Chemosphere*, 173, 207-215, 2017.
42. HMSO, UK. Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No. 46) London 1994.
43. Hryszko K., Lirski A., Myszkowski L., Wolnicki J.: Niezależne sprawozdanie z obrotu ryb i skorupiaków krajowej akwakultury – ocena dobrych, zrównoważonych perspektyw rynkowych. IRS, Olsztyn 2018.
44. Hunter B.J., Roberts D.C.K.: Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutr. Res.* 20, 1047-1058, 2000.
45. Huss H.H., Jørgensen L.V., Vogel B.F.: Control options for *Listeria monocytogenes* in seafoods. *Int. J. Food Microbiol.*, 62, 267-274, 2000.
46. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in Foods 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. Blackwell Scientific Publications, London 1986.
47. Ivanović J., Janjić J., Baltić M., Milanov R., Bošković M., Marković R.V., Glamočlija N.: Metal concentrations in water, sediment and three fish species from the Danube River, Serbia: a cause for environmental concern. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23, 17105-17112, 2016.
48. Jain D., Pathare P.B., Manikantan M.R.: Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo rohita*) during iced storage. *J. Food Eng.*, 81, 336-340, 2007.
49. Jabłonowska B., Dłużniewska B., Jarosz A., Nowicka G.: Ocena spożycia wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 wśród zdrowych dorosłych osób w odniesieniu do aktualnych norm żywienia. *Roczn. PZH*, 62, 389-396, 2011.

50. Jankowska, B., Kolman, R., Szczepkowski, M., Żmijewski, T.: Production value, chemical composition and colour of fillets of the reciprocal hybrid of Siberian sturgeon with green sturgeon (*Acipenser baeri* Br x (*Acipenser baeri* Br x *Acipenser medirostris* Ayres)). Czech J. Anim. Sci., 50, 220-225, 2005.
51. Jiang H., Qin D., Mou Z., Zhao J., Tang S., Wu S., Gao L.: Trace elements in farmed fish (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella* and *Oncorhynchus mykiss*) from Beijing: implication from feed. Food Addit. Contam. Part B, 9, 132-141, 2016.
52. Kalantzi I., Black K.D., Pergantis S.A., Shimmield T.M., Papageorgiou N., Sevastou K., Karakassis I.: Metals and other elements in tissues of wild fish from fish farms and comparison with farmed species in sites with oxic and anoxic sediments. Food Chem., 141, 680-694, 2013.
53. Karl H., Lehmann I., Manthey-Karl M., Meyer C., Ostermeyer U.: Comparison of nutritional value and microbiological status of new imported fish species on the German market. Int. J. Food Sci. Tech., 49, 2481-2490, 2014.
54. Kris-Etherton P. M., Grieger J. A., Etherton T. D.: Dietary reference intakes for DHA and EPA. Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids. 81, 99-104, 2009.
55. Kris-Etherton P. M., Harris W. S., Appel L. J.: Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. Circulation, 106, 2747-2757, 2002.
56. Kukułowicz A.: Jakość wybranych krewetek wynikająca z obecności bakterii psychrofilnych. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 73, 23-27, 2012.
57. Kukułowicz A.: Wpływ technologii utrwalania na jakość mikrobiologiczną śledzi. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 68, 42-46, 2011.
58. Larsson T., Koppang E.O., Espe M., Terjesen B.F., Krasnov A., Moreno H.M., Rørvik K-A., Thomassen M., Mørkøre T.: Fillet quality and health of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a diet supplemented with glutamate. Aquaculture, 426-427, 288-295, 2014.
59. Lazos E.S., Aggelousis G., Alexakis A.: Metal and proximate composition of the edible portion of 11 freshwater fish species. J. Food Compos. Anal., 2, 371-381, 1989.
60. Le H.D., Meisel J.A., De Meijer V.E., Gura K.M., Puder M.: The essentiality of arachidonic acid and docosahexaenoic acid. Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids. 81, 165-170, 2009.
61. Leung H.M., Leung A.O.W., Wang H.S., Ma K.K., Liang Y., Ho K.C., Cheung K.C., Tohidi F., Yung K.K.L.: Assessment of heavy metals/metalloid (As, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, Cu, Mn) concentrations in edible fish species tissue in the Pearl River Delta (PRD) China. Mar. Pollut. Bull., 78, 235-245, 2014.
62. Li T., Li J., Hu W.: Changes in microbiological, physicochemical and muscle proteins of post mortem large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). Food Control 34, 514-520, 2013.
63. Li, X., Li, J., Zhu, J., Wang, Y., Fu, L., Xuan, W.: Postmortem changes in yellow grouper (*Epinephelus awoara*) fillets stored under vacuum packaging at 0°C. Food Chem., 126, 896-901, 2011.
64. Ligaszewski M., K. Węglarzy, A. Pilarczyk, A. Łysak, M. Bereza: Relation between the profile of major fractions of unsaturated fatty acids in common carp meat (*Cyprinus carpio* L.) in the second year of life and their profile in zooplankton. Pol. J. Food Nutr. Sci., 57, 77-81, 2007.
65. Ljubojević D., Ćirković M., Đorđević V., Puvača N., Trbović D., Vukadinov J., Plavša N.: Fat quality of marketable fresh water fish species in the Republic of Serbia. Czech J. Food Sci., 31, 445-450, 2013.

66. Łuczyńska J., Borejszo Z., Łuczyński M.J.: The composition of fatty acids in muscles of six freshwater fish species from the Mazurian Great Lakes (Northeastern Poland). *Arch. Pol. Fisheries*, 16, 167-178, 2008.
67. Łuczyńska J., Tońska E., Borejszo Z.: Content of macro- and microelements, and fatty acids in muscles of salmon (*Salmo salar* L.), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walb.), and carp (*Cyprinus carpio* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 76, 162-172, 2011.
68. Łuczyńska J., Paszczyk B., Łuczyński M. J.: Fatty acid profiles in marine and freshwater fish from fish markets in northeastern Poland. *Arch. Pol. Fisheries*, 22, 181-188, 2014.
69. Maas-van Berkel B., van den Boogaard B., Heijnen C.: Preservation of fish and meat. Agromisa Foundation, Wageningen 2004, p.78.
70. Majewski M., Dziubdziela L.: Analiza powiadomień dotyczących żywności pochodzenia zwierzęcego zgłoszonych do RASFF przez Polskę. *Życie Weterynaryjne*, 93, 181-183, 2018.
71. Materac E., Marczyński Z., Bodek K.H.: Rola kwasów tłuszczowych omega-3 i omega-6 w organizmie człowieka. *Bromat. Chem. Toksykol.*, XLVI, 225-233, 2013.
72. Mayneris-Perxachs J., Bondia-Pons I., Serra-Majem L., Castellote A. I., López-Sabater M.C.: Long-chain n-3 fatty acids and classical cardiovascular disease risk factors among the Catalan population. *Food Chem.* 119, 54-61, 2010.
73. Mazorra-Manzano M.A., Pacheco-Aguilar R., Díaz-Rojas E.I., Lugo-Sánchez M.E.: Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. *J. Food Sci.*, 65, 774-779, 2000.
74. Meche A., Martins M.C., Lofrano B.E.S.N., Hardaway C.J., Merchant M., Verdade L.: Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. *Microchem. J.*, 94, 171-174, 2010.
75. Mert R., Alaş A., Bulut S., Özcan M.M.: Determination of heavy metal contents in some freshwater fishes. *Environ. Monit. Assess.*, 186, 8017-8022, 2014.
76. Mohanty B. and et al.: Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of Amino Acids*, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/269797>, 2014.
77. Molska I.: Znaczenie bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* w produktach spożywczych. *Przem. Spoż.*, 3, 30-32, 2007.
78. Moreira A.B., Visentainer J.V., De Souza N.E., Matsushita M.: Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian *Brycon* freshwater fishes. *J. Food Compos. Anal.* 14, 565-574, 2001.
79. Naseri M., Rezaei M., Moieni S., Hosseni H., Eskandari S.: Effect of different precooking methods on chemical composition and lipid damage of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) muscle. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 45, 1973-1979, 2010.
80. Ninan G., Lalitha K.V., Zynudheen A.A., Joseph J.: Effect of chilling on microbiological, biochemical and sensory attributes of whole aquacultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972). *J. Aquac. Res. Dev.*, S5:001. Doi:10.4172/2155-9546.S5-001, 2011.
81. Noël L., Chekri R., Millour S., Merlo M., Leblanc J.C., Guérin T.: Distribution and relationships of As, Cd, Pb and Hg in freshwater fish from five French fishing areas. *Chemosphere*, 90, 1900-1910, 2013.
82. Novotny L., Dvorska L., Lorencova A., Beran V., Pavlik I.: Fish: a potential source of bacterial pathogens for human beings. *Vet. Med.*, 49, 343-358, 2004.
83. Öksüz A., Küçükgülmez A., Diler A., Çelik M., Koyuncu E.: Research Note: A comparison of the chemical composition of zander (*Sander lucioperca*) living in different lakes of Turkey. *J. Muscle Foods*, 20, 420-427, 2009.

84. Olafsdottir, G., Nesvadba, P., Di Natale, C., Careche, M., Oehlenschläger, J., Tryggvadóttir, S.V., Schubring, R., Kroeger, M., Heia, K., Esaiassen, M., Macagnano, A., Jørgensen, B.M.: Multisensor for fish quality determination. Trends Food Sci. Technol., 15, 86-93, 2004.
85. Özogul Y., Özogul F., Alagoz S.: Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. Food Chem. 103, 217-223, 2007.
86. Özyurt G., Polat A.: Amino acid and fatty acid composition of wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a seasonal differentiation. Eur. Food Res. Technol., 222, 316-320, 2006.
87. PN-A-86770, Fish and fishery products – Terminology, 1999.
88. Polak-Juszczak L., Adamczyk M.: Quality and amino acid composition of protein of fish from the Vistula Lagoon. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 64, 75-83, 2009.
89. Polak-Juszczak L., Komar-Szymczak K.: Fatty acid profiles and fat contents of commercially important fish from Vistula Lagoon. Pol. J. Food Nutr. Sci., 59, 225-229, 2009.
90. Poli, B.M., Messini, A., Parisi, G., Scappini, F., Vigiani, V., Giorgi, G., Vincenzini, M.: Sensory, physical, chemical and microbiological changes in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets packed under modified atmosphere/air or prepared from whole fish stored in ice. Int. J. Food Sci. Technol., 41, 444-454, 2006.
91. Popelka P., Jevinova P., Marcinčák S.: Microbiological and chemical quality of fresh and frozen whole trout and trout fillets. Potravinarstvo, 10, 431-436, 2016.
92. Pourang N., Tanabe S., Rezvani S., Dennis J.H.: Trace elements accumulation in edible tissues of five sturgeon species from the Caspian Sea. Environ. Monit. Assess., 100, 89-108, 2005.
93. Przybylski W., Jaworska D., Czarniecka-Skubina E., Kajak-Siemaszko K.: Ocena możliwości wyodrębniania mięsa kulinarnego o wysokiej jakości z uwzględnieniem mięsności tuczniaków, pomiaru barwy i pH z zastosowaniem analizy skupień. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 59, 43-51, 2008.
94. Rahman M.S., Molla A.H., Saha N., Rahman A.: Study on heavy metals and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh. Food Chem., 134, 1847-1854, 2012.
95. Rajkowska M., Protasowicki M.: Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. Environ. Monit. Assess., 185, 3493-3502, 2013.
96. Rakowska M., Szkiłładziowa W., Kunachowicz H.: Biologiczna wartość białka żywności. WNT, Warszawa 1978.
97. Ravi Sankar C.N., Lalitha K.V., Leema Jose, Manju S., Gopal T.K.S.: Effect of packaging atmosphere on the microbial attributes of pearlspot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored at 0-2°C. Food Microbiol., 25, 518-528, 2008.
98. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO, Geneva 2003.
99. Report of an FAO Expert Consultation, Dietary protein quality evaluation in human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper 92, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 2013.
100. Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation, Protein quality evaluation. FAO Food and Nutrition Paper 51, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome 1991.
101. Rodríguez Ó., Barros-Velázquez J., Ojea A., Piñeiro C., Aubour, S.P.: Evaluation of sensory and microbiological changes and identification of proteolytic bacteria during the iced storage of farmed turbot (*Psetta maxima*). J. Food Sci., 68, 2764-2771, 2003.

102. Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego (OJ L 139, 30.4.2004, p. 55).
103. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2073/2005 z dnia 15 listopada 2005 r. w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych (OJ L 338, 22.12.2005, p. 1).
104. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (OJ L 364, 20.12.2006, p. 5).
105. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylenia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004 (OJ L 304, 22.11.2011, p. 18).
106. Scherer R., Augusti P.R., Bochi V.C., Steffens C., Fries L.L.M., Daniel A.P., Kubota E.H., Neto J.R., Emanuelli T.: Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods. Food Chem., 99, 136-142, 2006.
107. Simopoulos A.P.: Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development¹⁻⁴. Am. J. Clin. Nutr. 54, 438-463, 1991.
108. Simopoulos A.P.: Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. J. Am. Coll. Nutr. 21, 495-505, 2002.
109. Skalecki P., Florek M., Litwińczuk A., Staszowska A., Kaliniak A.: The nutritional value and chemical composition of muscle tissue of carp (*Cyprinus carpio* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) obtained from fish farms in the Lublin region. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, 9, 57-62, 2013.
110. Skalecki P., Florek M., Litwińczuk A., Zaborska A.: Utility value and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with regard to the weight of fish. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, 9, 69-73, 2012.
111. Skalecki P., Florek M., Staszowska A., Kaliniak A.: Wartość użytkowa i jakość filetów ryb karpiovatych (*Cyprinidae*) utrzymywanych w polikulturze. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 98, 75-88, 2015.
112. Squadrone S., Prearo M., Brizio P., Gavinelli S., Pellegrino M., Scanzio T., Guarise S., Benedetto A., Abete M.C.: Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian Rivers. Chemosphere, 90, 358-365, 2013.
113. Stanek M., Dąbrowski J., Roślewska A., Kupcewicz B., Janicki B.: Impact of different fishing seasons on the fatty acids profile, cholesterol content, and fat in the muscles of perch, *Perca fluviatilis* L. from the Włocławski Reservoir (Central Poland). Arch. Pol. Fisheries, 16, 213-220, 2008.
114. Szlinder-Richert J., Usydus Z., Malesa-Ciećwierz M., Polak-Juszczak L., Ruczyńska: Marine and farmed fish on the Polish market: Comparison of the nutritive value and human exposure to PCDD/Fs and other contaminants. Chemosphere, 85, 1725-1733, 2011.
115. Terentjeva M., Eizenberga I., Valciņa O., Novoslavskij A., Strazdiņa V., Bērziņš A.: Prevalence of foodborne pathogens in freshwater fish in Latvia. J. Food Prot., 78, 2093-2098, 2015.
116. Tkaczewska J., Migdał W.: Comparison of slaughter yield, contents of basic nutrients, and levels of heavy metals in muscles of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) originating from various regions in Poland. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 84, 177-186, 2012a.

117. Tkaczewska J., Migdał W.: Comparison of slaughter yield, contents of basic nutrients, and heavy metals levels in muscles of carp (*Cyprinus carpio* L.) farmed in various regions in Poland. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 85, 180-189, 2012b.
118. Tkaczewska J., Kulawik P., Migdał W.: The Quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in various Polish region. *Ann. Anim. Sci.*, 15, 527-539, 2015.
119. Topic Popovic N., Benussi Skukan A., Dzidara P., Coz-Rakovac R., Strunjak-Perovic I., Kozacinski L., Jadan M., Brlek-Gorski D.: Microbiological quality of marketed fresh and frozen seafood caught off the Adriatic coast of Croatia. *Vet. Med.*, 55, 233-241, 2010.
120. Tzikas Z., Amvrosiadis I., Soutlos N., and Georgakis Sp.: Seasonal variation in the chemical composition and microbiological condition of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) muscle from the North Aegean Sea (Greece). *Food Control*, 18, 251-257, 2007.
121. USEPA. Regional Screening Level (RSL) Summary Table, 2016.
122. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia.
123. Usydus Z., Szlinder-Richert J., Adamczyk M., Szatkowska U.: Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of nutritional value. *Food Chem.*, 126, 78-84, 2011.
124. Uysal K., Emre Y., Köse E.: The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). *Microchem. J.*, 90, 67-70, 2008.
125. Viji P., Tanuja S., Ninan G., Lalitha K.V., Zynudheen A.A., Binsi P.K., Srinivasagopal T.K.: Biochemical, textural, microbiological and sensory attributes of gutted and ungutted sutchi catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) stored in ice. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 3312-3321, 2015.
126. Wang F., Ma X., Wang W., Liu J.: Comparison of proximate composition, amino acid and fatty acid profiles in wild, pond- and cage-cultured longsnout catfish (*Leiocassis longirostris*). *Int. J. Food Sci. Tech.*, 47, 1772-1776, 2012.
127. Wedekind H.: Chemical composition and processability of farmed sturgeon hybrids with special emphasis on Bester. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 87, 621-627, 2002.
128. Wei Y., Zhang J., Zhang D., Tu T., Luo L.: Metal concentrations in various fish organs of different fish species from Poyang Lake, China. *Ecotox. Environ. Saf.*, 104, 182-188, 2014.
129. Wogu M.D., Maduakor C.C.: Evaluation of microbial spoilage of some aquacultured fresh fish in Benin City Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 3, 18-22, 2010.
130. Wu G., Wu Z., Dai Z., Yang Y., Wang W., Liu C., Wang B., Wang J., Yin Y.: Dietary requirements of "nutritionally non-essential amino acids" by animals and humans. *Amino Acids*, 44, 1107-1113, 2013.
131. Yassoralipour, A., Bakar, J., Rahman, R.A., Bakar, F.A., Golkhandan, E.: Effect of different temperatures on the free amino acids, physico-chemical and microbial changes during storage of barramundi (*Lates calcarifer*) fillets. *Adv. J. Food Sci. Technol.*, 5, 822-828, 2013.
132. Yeganeh S., Shabanpour B., Hosseini H., Imanpour M.R., Shabani A.: Comparison of farmed and wild common carp (*Cyprinus carpio*): Seasonal variations in chemical composition and fatty acid profile. *Czech J. Food Sci.*, 30, 503-511, 2012.
133. Yi Y.J., Zhang S.H.: The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environ. Sci.*, 13, 1699-1707, 2012.

134. Youssef H., El-Timsawy A. K., Ahmed S.: Role of aerobic intestinal pathogens of fresh water fish in transmission of human diseases. *J. Food Prot.*, 55, 739-740, 1992.
135. Yu D., Xu Y., Jiang Q., Yang F., Xia W.: Freshness assessment of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4°C by physicochemical, microbiological and sensorial evaluations. *J. Food Saf.* 2017;37:e12305.<https://doi.org/10.1111/jfs.12305>.
136. Yücel N., Balci S.: Prevalence of *Listeria*, *Aeromonas* and *Vibrio* species in fish used for human consumption in Turkey. *J. Food Prot.*, 73, 380-384, 2010.
137. Zadernowska A., Łaniewska-Trokenheim Ł., Chajęcka W.: Wykrywanie pałeczek *Listeria monocytogenes* i *Salmonella* sp. w rybach i produktach rybnych z użyciem aparatu mini Vidas. *Med. Weter.* 66, 264-267, 2010.
138. Zakęś Z., Pietrzak-Fiećko R., Szczepkowski M., Modzelewska-Kapituła M., Jankowska B.: Slaughter yield and fatty acid profiles of fillets of pike (*Esox lucius* L.) caught before and after spawning. *Arch. Pol. Fisheries*, 23, 231-235, 2015.
139. Zhang L., Zhang D., Wei Y., Luo L., Dai T.: Risk assessment of trace elements in cultured freshwater fishes from Jiangxi province, China. *Environ. Monit. Assess.*, 186, 2185-2194, 2014.
140. Zhu F., Qu L., Fan W., Wang A., Hao H., Li X., Yao S.: Study on heavy metal levels and its health risk assessment in some edible fishes from Nansi Lake, China. *Environ. Monit. Assess.*, 187-161, 2015. DOI: 10.1007/s10661-015-4355-3

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Dorobek naukowy przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora nauk weterynaryjnych

Identyfikacja gatunkowa mięsa może mieć znaczenie dowodowe m.in. w sprawach dotyczących zafalszowań żywności czy nielegalnego pozyskania mięsa zwierząt łownych. W identyfikacji gatunkowej mięsa mają zastosowanie metody chromatograficzne, immunologiczne, elektroforetyczne i genetyczne. Przydatność wymienionych metod w praktyce rozpoznawczej przedstawiono w pracy:

- **Renata Pyz-Łukasik:** Metody identyfikacji gatunkowej mięsa. *Medycyna Weter.*, 54, 732-736, 1998.

Różnicowanie okrywy włosowej zwierząt jest możliwe w oparciu o kształt i sposób ułożenia komórek dwóch warstw włosa, tj. komórek powłoczki i komórek rdzenia. Dostępne dane piśmiennictwa zawierały informacje dotyczące różnic w strukturze włosów poszczególnych gatunków zwierząt, nie było danych nt. ewentualnych różnic w obrębie tego samego gatunku. Celem badań było określenie zależności między wybranymi cechami mikroskopowymi włosów a masą ciała (wiekiem) i płcią zwierzęcia oraz miejscem lokalizacji włosów. Badania przeprowadzono na świnich pochodzących z jednej hodowli, podzielonych na 3 grupy pod względem masy ciała i płci. Wyniki przeprowadzonych badań wskazały, że grubość włosów była dobrym kryterium, pomocnym zwłaszcza w różnicowaniu masy ciała (wieku) zwierząt. Należy jednak zaznaczyć, że otrzymane zależności odnosiły się do populacji badanego gatunku i określonej rasy. Struktura budowy powierzchni włosa nie była natomiast cechą związaną z wiekiem i płcią świń. Przedstawione zagadnienie opublikowano w następujących pracach:

- **Renata Pyz-Łukasik:** Włosy zwierząt - charakterystyka i znaczenie w rozpoznawaniu gatunków. *Medycyna Weter.*, 53, 500-502, 1997.
- **Elżbieta Pelczyńska, Renata Pyz-Łukasik:** Zależność między budową włosów a wiekiem i płcią zwierzęcia. *Medycyna Weter.*, 57, 175-177, 2001.

W badaniach eksperymentalnych potwierdzono, że zmiany w wątrobach świń określane ogniskami mlecznymi 'milk spots' były skutkiem inwazji *Ascaris suum*. Zmiany te nie stanowią zagrożenia dla zdrowia konsumentów. W zależności od intensywności inwazji, za niezdatne do spożycia mogą być uznane fragmenty objęte zmianami lub całe wątroby. Celem pracy było wykazanie ekstensywności i intensywności występowania ognisk mlecznych w wątrobach świń pochodzących z regionu lubelskiego. Badania przeprowadzono w rzeźni przemysłowej. Tusze i narządy wewnętrzne świń poddano badaniu makroskopowemu zgodnie z obowiązującymi przepisami sanitarno-weterynaryjnymi. Określono wielkość ognisk i głębokość penetracji w głąb wątroby oraz przeprowadzono badania histologiczne. Wyniki badań wskazały na stosunkowo dużą ekstensywność inwazji. Intensywność inwazji była wyraźnie zróżnicowana. W preparatach histologicznych stwierdzono, że zmiany ogniskowe różniły się zaawansowaniem procesu destrukcji tkanki. Wyniki przeprowadzonych badań opublikowano w pracy:

- **Renata Pyz-Łukasik, Edmund K. Prost:** Zmiany w wątrobie świń wywołane przez *A. suum*. *Medycyna Weter.*, 55, 375-377, 1999.

5.2. Dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk weterynaryjnych

Jakość żywności jest definiowana jako ogół cech i kryteriów, które charakteryzują żywność pod względem wartości odżywczej, jakości organoleptycznej oraz bezpieczeństwa dla zdrowia konsumentów. W aspekcie jakości żywności zrealizowano prace dotyczące mięsa króliczego. Materiałem do badań były tuszki i narządy wewnętrzne królików pochodzące z dwóch zakładów produkcyjnych i uboju gospodarczego (hodowli przemysłowej i przydomowej). Wykazano zależność między zawartością składników odżywczych tj. białka i kolagenu a rodzajem elementu zasadniczego tuszki oraz zawartością ubichinonu Q₁₀ a rodzajem elementu zasadniczego tuszki i rodzajem hodowli (żywienia). Czynniki wpływającymi na kruchość i soczystość tkanki mięśniowej królików była rasa i rodzaj elementu zasadniczego tuszki. Miejsce uboju królików istotnie różnicowało poziom i rodzaj drobnoustrojów w tkance mięśniowej oraz narządach wewnętrznych a w konsekwencji ich trwałość i przydatność technologiczną. Czas od uboju i długość okresu chłodniczego przechowywania był istotnym czynnikiem zmienności wartości pH tkanki mięśniowej, co wiązało się z poziomem zanieczyszczenia bakteryjnego, wyglądem, zapachem oraz trwałością i przydatnością technologiczną. Parazytologiczna ocena narządów wewnętrznych królików wykazała inwazję kokcydiów, nicieni i tasiemców. Wartość odżywcza mięsa króliczego przedstawiono w formie przeglądu na podstawie składu chemicznego, wartości energetycznej, wartości biologicznej białka i cech organoleptycznych. Wyniki badań opublikowano w następujących pracach:

- **Renata Pyz-Łukasik**, Krzysztof Szkucik: Zanieczyszczenie bakteryjne tuszek i narządów wewnętrznych królików w zależności od miejsca uboju. *Medycyna Weter.*, 61, 567-570, 2005.
- **Renata Pyz-Łukasik**: Zanieczyszczenie mikroflorą oraz cechy sensoryczne tkanek królików w zależności od miejsca uboju i czasu przechowywania. *Medycyna Weter.*, 61, 1162-1164, 2005.
- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**: Wartość pH tkanki mięśniowej królików. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, DD Medicina Veterinaria* 61, 115-118, 2006.
- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**: Zmienność cech sensorycznych mięsa królików w zależności od rasy i części zasadniczej tuszki. *Medycyna Weter.*, 64, 1308-1310, 2008.
- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**: Jakość zdrowotna mięsa królików. *Medycyna Weter.*, 65, 665-669, 2009.
- **Renata Pyz-Łukasik**, Krzysztof Szkucik: Bacterial contamination and selected traits of rabbit muscle tissue spoilage. *Bull. Vet. Inst. Puławy*, 55, 721-724, 2011.
- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**, Marta Wójcik, Michał Gondek: Ubiquinone Q₁₀ and protein contents in rabbit meat in relation to primal cut and rearing system. *Bull. Vet. Inst. Puławy*, 57, 107-111, 2013.
- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**, Klaudiusz Szczepaniak, Waldemar Paszkiewicz: Occurrence of gastrointestinal parasites in slaughter rabbits. *Parasitol. Res.*, 113, 59-64, 2014.

Zmiany chorobowe i odchylenia jakościowe są przyczyną dyskwalifikacji sanitarno-weterynaryjnej tusz i narządów wewnętrznych zwierząt rzeźnych oraz ryb konsumpcyjnych. Oceniając przyczyny niezdatności do spożycia, wyniki ujęto w następujących grupach: dla koni – choroby zakaźne, inwazyjne, nowotwory, zatrucie

środkami chemicznymi oraz zmiany jakościowe; dla owiec – choroby zakaźne, inwazyjne oraz zmiany jakościowe, dla ryb - obecność pasożytów, choroby wirusowe, choroby bakteryjne oraz dopuszczalne poziomy histaminy i dioksyn. Przyczyny i analizę wielkości konfiskat w badanych przedziałach czasowych przedstawiono w następujących pracach:

- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz: Występowanie zmian chorobowych i odchyień jakościowych w tuszach koni rzeźnych w Polsce w latach 2001-2010. *Medycyna Weter.*, 68, 418-421, 2012.
- Krzysztof Szkucik, **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz: Występowanie zmian chorobowych i odchyień jakościowych w tuszach owiec i kóz rzeźnych w Polsce w latach 2003-2013. *Medycyna Weter.*, 70, 626-629, 2014.
- **Renata Pyz-Łukasik**, Krzysztof Szkucik, Waldemar Paszkiewicz, Łukasz Drozd: Results of sanitary-veterinary examination of fish in Poland in 2010-2016. *Medycyna Weter.*, 74, 301-303, 2018.

Warunki higieny procesu uboju zwierząt rzeźnych oraz obróbki poubojowej tusz w rzeźniach mają wpływ na bezpieczeństwo i trwałość pozyskiwanego surowca. W prawie żywnościowym zawarte są kryteria higieny procesu uboju zwierząt rzeźnych. Kryteria te określają akceptowalny poziom zanieczyszczenia tusz drobnoustrojami tlenowymi i z rodziny *Enterobacteriaceae* (z wyjątkiem drobiu), brak lub limitowaną obecność *Salmonella* spp. oraz różnicują jakość procesu, odpowiednio na 3 i 2 poziomach. Celem cyklu badań było określenie zanieczyszczenia mikrobiologicznego wymienionymi drobnoustrojami powierzchni tusz wieprzowych, wołowych, cielęcych, baranich oraz jagnięcych w zależności od kolejności i liczby ubijanych zwierząt w trakcie dnia ubojowego. Badania zostały przeprowadzone w ubojniach na terenie kraju posiadających uprawnienia do produkcji na rynek. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że kolejność i liczba ubijanych zwierząt nie miały wpływu na poziom ogólnego zanieczyszczenia bakteryjnego tusz oraz wykazano zadowalający poziom higieny procesu uboju w badanych miejscach uboju. Uzyskane wyniki wskazały na skuteczność wprowadzonych w zakładach systemów HACCP oraz prawidłowy sposób sprawowania nadzoru sanitarno-weterynaryjnego. Wyniki badań opublikowano w następujących pracach:

- **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz: Zanieczyszczenie bakteryjne powierzchni tusz w zależności od kolejności ubijanych świń. *Medycyna Weter.*, 63, 1611-1612, 2007.
- Waldemar Paszkiewicz, **Renata Pyz-Łukasik**: Zanieczyszczenie bakteryjne powierzchni tusz wołowych w zależności od kolejności ubijanego bydła. *Medycyna Weter.*, 66, 51-53, 2010.
- Waldemar Paszkiewicz, **Renata Pyz-Łukasik**: Bacterial contamination of calf carcasses during production cycle. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 56, 47-49, 2012.
- **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz: Zmienność zanieczyszczenia bakteryjnego tusz jagnięcych w czasie uboju. *Medycyna Weter.*, 69, 552-554, 2013.
- **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz: Hygiene assessment of sheep slaughter cycle. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 58, 243-246, 2014.

O właściwościach bakteriobójczych promieni ultrafioletowych decyduje ich dobra absorpcja przez kwasy nukleinowe i białka. Promienie UV znajdują zastosowanie m.in. do dezynfekcji izolatek do pracy jałowej, komór laminarnych i pracowni bakteriologicznych. Promieniowanie UV jest również stosowane do skutecznego eliminowania drobnoustrojów znajdujących się w powietrzu. Zaletą stosowania promieniowania UV są niskie koszty eksploatacji lamp oraz brak rozwoju oporności drobnoustrojów na jego działanie. Istnieje dostrzegana również przez innych autorów potrzeba ujednoczenia na poziomie UE akceptowalnych poziomów zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza dla potrzeb badań laboratoryjnych i procesów produkcyjnych. Celem przeprowadzonych badań było określenie stopnia redukcji poziomu zanieczyszczenia bakteryjnego powietrza w kabinie do badań mikrobiologicznych w zależności od czasu działania promieni UV i określenie czasu działania promieni UV niezbędnego do uzyskania redukcji drobnoustrojów do poziomu określonego dla tzw. pomieszczeń czystych w kabinie służącej do badań mikrobiologicznych. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że promieniowanie UV jest skuteczną metodą dezynfekcji powietrza w kabinie do badań mikrobiologicznych. Skuteczność biobójcza wzrastała wraz z czasem a minimalny, skuteczny czas naświetlania wynosił 3 godziny. Wyniki badań opublikowano w pracach:

- Waldemar Paszkiewicz, **Renata Pyz-Łukasik**: Stopień redukcji zanieczyszczenia bakteryjnego powietrza pod wpływem promieni UV. *Medycyna Weter.* 67, 267-269, 2011.
- **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz, Agnieszka Latoch: Skuteczność promieniowania UV w dezynfekcji powietrza w kabinie do badań mikrobiologicznych. *Medycyna Weter.*, 72, 709-711, 2016.

Zgodnie z prawem UE, producent może sprzedawać konsumentowi finalnemu w ramach tzw. sprzedaży bezpośredniej produkty produkcji pierwotnej. Sprzedaży bezpośredniej może podlegać m.in. mleko surowe dystrybuowane w automatach (mlekomatach). Badania przeprowadzono na próbkach mleka pochodzących z 5 punktów sprzedaży. Badania służyły określeniu jakości mikrobiologicznej mleka surowego dostarczanego konsumentowi w formule sprzedaży bezpośredniej z mlekomatów. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano nieprawidłową jakość mikrobiologiczną mleka we wszystkich badanych punktach sprzedaży w zakresie przekroczonych akceptowalnych poziomów ogólnej liczby bakterii i liczby komórek somatycznych oraz obecności drobnoustrojów chorobotwórczych w niektórych próbkach. Wyniki badań opublikowano w pracy:

- **Renata Pyz-Łukasik**, Waldemar Paszkiewicz, Marcin R. Tatar, Piotr Brodzki, Zbigniew Bełkot: Microbiological quality of milk sold directly from producers to consumers. *J. Dairy Sci.* 98, 4294-4301, 2015.

Zawartość wolnych aminokwasów w mięśniach ryb konsumpcyjnych daje pogląd o zawartości prekursorów amin biogennych. Prekursorami głównych amin biogennych związanych z występowaniem zatruc pokarmowych są histydyna (precursor histaminy), tyrozyna (precursor tyraminy), tryptofan (precursor tryptaminy), lizyna (precursor kadaweryny), ornityna (precursor putrescyny) i arginina (precursor sperminy i spermidyny). Zgodnie z rozporządzeniem WE Nr 2073/2005 – w sprawie kryteriów mikrobiologicznych dotyczących środków spożywczych, istnieje obowiązek badania określonych produktów rybołówstwa na zawartość histaminy (kryterium bezpieczeństwa żywności). Zapis dotyczy produktów wyprodukowanych z gatunków należących w szczególności

do rodzin *Scombridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryfenidae*, *Pomatomidae* i *Scombrosidae*. Według danych piśmiennictwa, z punktu widzenia bezpieczeństwa żywności i oceny jakości ryb istotne są histamina, kadaweryna i putrescyna. Histamina jest powszechnie uznawana za wskaźnik jakości dla gatunków ryb bogatych w histydynę, podczas gdy putrescyna i kadaweryna są uważane za najbardziej obiektywne wskaźniki jakości ryb ubogich w histydynę. Celem badań było określenie i porównanie zawartości wolnych aminokwasów w mięśniach tołpygi pstrąg i suma europejskiego. Na podstawie wyników badań wykazano istotne różnice w poziomie histydyny oraz porównywalną zawartość lizyny i ornityny w mięśniach badanych gatunków ryb, co mogło sugerować, że wskaźnikiem jakości tkanki mięśniowej tołpygi pstrąg byłby poziom histaminy a suma europejskiego poziom kadaweryny lub/i putrescyny. W związku z powyższym, badania w tym temacie wymagają kontynuacji. Wyniki badań opublikowano w pracy:

- **Renata Pyz-Łukasik**, Maria Szpetnar, Waldemar Paszkiewicz, Marcin R. Tatar, Adam Brodzki. Free amino acid content in muscle tissue of bighead carp and wels catfish. *Medycyna Weter.*, 72, 632-636, 2016.

Żywność wyprodukowana lokalnie metodami tradycyjnymi cieszy się zainteresowaniem konsumentów i jest postrzegana jako zdrowa, smaczna, oryginalna, wytwarzana według domowej receptury oraz w małym stopniu przetworzona. Celem badań było określenie jakości mikrobiologicznej (w tym ewentualnej obecności drobnoustrojów chorobotwórczych) oraz zmienności składu chemicznego i wartości odżywczej trzech rodzajów serów wyprodukowanych metodami tradycyjnymi. Na podstawie otrzymanych wyników wykazano, że badane sery nie spełniały określonych kryteriów mikrobiologicznych (rozp. WE Nr 2073/2005) w zakresie bezpieczeństwa żywności (obecność *L. monocytogenes*) i higieny procesu (przekroczone dopuszczalne poziomy *E. coli* i gronkowce koagulazododatnie). Pod względem wartości odżywczej badane sery charakteryzowały się korzystnym składem aminokwasowym i wysoką wartością odżywczą białka mierzoną wskaźnikami chemicznymi. Różnice w wyjściowym składzie surowca użytego do produkcji i różnice w samej technologii produkcji serów skutkowały zmiennością składu chemicznego badanych serów. Wyniki badań opublikowano w następujących pracach:

- **Renata Pyz-Łukasik**, Przemysław Knysz, Michał Gondek: Hygiene quality and consumer safety of traditional short- and long-ripened cheeses from Poland. *J. Food Qual.*, vol. 2018, Article ID 8732412, 7 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8732412>.
- Przemysław Knysz, Michał Gondek, **Renata Pyz-Łukasik**, Monika Ziomek, Łukasz Drozd, Waldemar Paszkiewicz, Krzysztof Szkucik: Skład chemiczny i wartość odżywcza regionalnych serów podpuszczkowych produkowanych metodą tradycyjną. *Medycyna Weter.* 74, 671-675, 2018.

Ubocznym, jadalnym surowcem rzeźnym otrzymywanym po uboju gęsi jest m.in. tłuszcz (podskórny i sadelkowy). Według danych piśmiennictwa, genotyp, płeć i żywienie są czynnikami różnicującymi skład tkanki tłuszczowej. Dane dotyczące wpływu wieku były nieliczne i odnosiły się głównie do profilu kwasów tłuszczowych w obu rodzajach tłuszczu zapasowego. Celem badań było określenie wpływu wieku gęsi i rodzaju tłuszczu na jego cechy chemiczne oraz wybrane cechy sensoryczne. Badania przeprowadzono na tłuszczu sadelkowym

i podskórnym pochodzącym z tuszek gęsi rasy białej kołudzkiej, krzyżówek dwóch rodów W11 matecznego i W33 ojcowskiego (tzw. gęś owsiana). Badany tłuszcz pochodził od gęsi z dwóch grup wiekowych. Grupę pierwszą stanowiły osobniki młode, ubijane w wieku 16-18 tygodni, zaś drugą gęsi w wieku 3-4 lat, ubijane po okresie reprodukcyjnym. Na podstawie otrzymanych wyników wykazano, że wiek i rodzaj tłuszczu były istotnymi czynnikami różnicującymi skład chemiczny, profil kwasów tłuszczowych i zapach tłuszczu gęsi. W przypadku składu chemicznego wpływ wieku zaznaczył się głównie w tkance tłuszczowej podskórnej, która u młodych osobników zawierała więcej białka, wody i popiołu a mniej tłuszczu. Istotnie zróżnicowany był także profil kwasów tłuszczowych. Pod względem wartości odżywczej był korzystniejszy w obu rodzajach tłuszczu gęsi starszych, zawierał bowiem mniej kwasów nasyconych a więcej jedno- i wielonienasyconych w porównaniu z tłuszczem gęsi młodych. Zarówno tłuszcz podskórny jak i sadelkowy gęsi starszych był gorzej oceniany przez konsumentów pod względem sensorycznym. Wyniki badań opublikowano w pracy:

- Zbigniew Belkot, Renata Pyz-Łukasik: Wpływ wieku gęsi na cechy chemiczne i organoleptyczne tłuszczu. *Medycyna Weter.*, 67, 834-846, 2011.

Polska jest producentem i dostawcą żywych ślimaków oraz produktów spożywczych (mięsa ślimaków i jajeczek) na rynki europejskie. W artykule przeglądowym oraz w rozdziale monografii przedstawiono znormalizowaną terminologię dotyczącą ślimaków hodowlanych, przepisy dotyczące hodowli, handlu i przetwórstwa ślimaków. W pracach oryginalnych, celem badań było określenie rodzaju i poziomu zanieczyszczenia bakteryjnego surowego oraz mrożonego mięsa 3 gatunków ślimaków jadalnych a także ew. obecności drobnoustrojów z rodzaju *Salmonella* i *Listeria*. Na podstawie wyników badań wykazano, że gatunek ślimaka i miejsce jego pozyskania w istotny sposób determinowały poziom zanieczyszczenia. Największy udział w zanieczyszczeniu mięsa miały drobnoustroje psychrotrofowe oraz z rodziny *Enterobacteriaceae* a najmniejszy enterokoki. Obróbka termiczna obniżała liczbę bakterii (*Enterobacteriaceae*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, liczbę bakterii tlenowych) występujących w surowym mięsie. Wzrost liczby gronkowców i enterokoków w mięsie mrożonym wskazywał na możliwość wtórnego zanieczyszczenia mięsa poddanego obróbce termicznej. W żadnej z badanych próbek surowego mięsa nie stwierdzono obecności pałeczek rodzaju *Salmonella*, natomiast w 5 próbkach wykazano obecność *L. monocytogenes*. Przedstawione zagadnienia opublikowano w następujących publikacjach:

- Monika Ziomek, Krzysztof Szkucik, Monika Maćkowiak-Dryka, Waldemar Paszkiewicz, Łukasz Drozd, Renata Pyz-Łukasik: Wymagania weterynaryjne przy pozyskiwaniu i przetwarzaniu ślimaków jadalnych. *Medycyna Weter.*, 73, 819-825, 2017.
- Waldemar Paszkiewicz, Krzysztof Szkucik, Monika Ziomek, Renata Pyz-Łukasik, Łukasz Drozd, Zbigniew Belkot: Zmienność zanieczyszczenia mikrobiologicznego mięsa ślimaków jadalnych w zależności od gatunku i miejsca ich pozyskania. *Medycyna Weter.*, 74, 591-598, 2018.

- Waldemar Paszkiewicz, Krzysztof Szkucik, Monika Ziomek, Michał Gondek, **Renata Pyz-Łukasik**: Występowanie drobnoustrojów rodzajów *Salmonella* i *Listeria* w mięsie ślimaków jadalnych. *Medycyna Weter.*, 74, 110-113, 2018.
- Monika Ziomek, Waldemar Paszkiewicz, **Renata Pyz-Łukasik**, Łukasz Drozd, Michał Gondek, Przemysław Knysz, Zbigniew Bełkot: Mięczaki - potencjalne zagrożenie dla zdrowia konsumenta (rozdział: Zasady sprawowania nadzoru weterynaryjnego nad produkcją, wprowadzaniem na rynek i przetwórstwem mięczaków), *Lubelskie Towarzystwo Naukowe*, Lublin 2017, s. 157- 175.

Aminokwasy tj. arginina, cysteina, glutamina, leucyna, prolina i tryptofan są zaliczane do grupy funkcjonalnych aminokwasów. Wymienione aminokwasy poza ich funkcją jako składników do budowy białek, mają udział w procesach metabolicznych m.in. niezbędnych dla optymalnego wzrostu zwierząt. Celem badań było określenie zawartości wolnych aminokwasów w mięśniach piersiowych 20 tygodniowych indyków. Dwie grupy indyków (samce i samice) utrzymywano przez okres cyklu produkcyjnego w identycznych warunkach środowiskowych, ze swobodnym dostępem do wody i paszy (rodzaj paszy zależny od etapu wzrostu). Na podstawie otrzymanych wyników wykazano, że masa ciała i zawartość niektórych wolnych aminokwasów w mięśniach piersiowych indyków zależała od płci. Większe przyrosty oraz większa końcowa masa ciała u osobników męskich była związana z większą zawartością glutaminy i tryptofanu, co może być wskazówką dla optymalizacji składu paszy dla indyków. Wyniki badań opublikowano w pracy:

- Marcin R. Tatar, Adam Brodzki, **Renata Pyz-Łukasik**, Kazimierz Pasternak, Maria Szpetnar: Sex-related differences in skeletal muscle amino acid concentrations in 20 week old turkeys. *J. Poult. Sci.*, 49, 219-223, 2012.

Zejścia śmiertelne indukowane transportem najczęściej występują u świń. Celem badań była porównawcza ocena stężenia białka Hsp70 oraz poziomu stresu oksydacyjnego (stężenie TBARS tj. substancji reagujących z kwasem tiobarbiturowym i jonów NO) w tkankach mięśniowych serc pochodzących od świń zdrowych poddanych ubojowi i świń padłych z objawami stresowej kardiomiopatii (śmierci sercowej). Na podstawie otrzymanych wyników wykazano istotne różnice w stężeniu białka Hsp70 między tkanką serca pochodzącą od świń padłych i tkanką serca pochodzącą od świń zdrowych. Wyższe stężenie Hsp70 w tkance serca świń zdrowych wskazało na istotną rolę tego białka w ochronie mięśnia sercowego przed skutkami stresu i ograniczaniu występowania stresowej kardiomiopatii u świń w transporcie. Wyniki badań opublikowano w pracy:

- Renata Urban-Chmiel, **Renata Pyz-Łukasik**, Anna Dudzic, Andrzej Wernicki: Oxidative parameters and expression of 70kDa heat shock proteins in heart tissue after transport and slaughter. *Pol. J. Vet. Sci.*, 17, 433-439, 2014.

Endometritis jest problemem w stadach krów mlecznych na całym świecie. Leczenie stanów zapalnych endometrium opiera się najczęściej na domacicznej infuzji preparatów antyseptycznych. Wpływ podawanych leków na stan miejscowych mechanizmów odporności macicy nie był znany. Badania przeprowadzono na

krowach z klinicznym endometritis. W zależności od zastosowanego domacicznie preparatu, zwierzęta podzielono na 3 grupy (I - cefapiryna, II - metizoprinol, III - jednocześnie cefapiryna i metizoprinol) oraz grupę kontrolną (IV - nie stosowano żadnych preparatów). Celem pracy była porównawcza ocena aktywności fagocytarnej granulocytów i monocytów/makrofagów oraz wewnątrzkomórkowej bójczości neutrofilii we krwi obwodowej i wypłuczynach z macicy krów przed i po domacicznym zastosowaniu cefapiryny i metizoprinolu. Na podstawie wyników badań wykazano, że podawane domacicznie preparaty wpływały na funkcje miejscowych mechanizmów układu immunologicznego macicy. Wyniki badań opublikowano w pracy:

- Piotr Brodzki, Urszula Lisiecka, Adam Brodzki, **Renata Pysz-Lukasik**, Leszek Krakowski: Phagocytic and oxidative burst activity of phagocytic cells in peripheral blood and uterine washings in cows with clinical endometritis before and after intrauterine use of cephalosporin and methisoprinol. *Animal Sci. J.*, 89, 1389-1397, 2018.

Renata Pysz-Lukasik

Lublin, 28.02.2019 r.