

PIOTR SKAŁECKI, MARIUSZ FLOREK, AGNIESZKA STASZOWSKA,
AGNIESZKA KALINIAK

WARTOŚĆ UŻYTKOWA I JAKOŚĆ FILETÓW RYB KARPIOWATYCH (*CYPRINIDAE*) UTRZYMYWANYCH W POLIKULTURZE

Streszczenie

Celem pracy było porównanie wartości użytkowej i jakości filetów trzech gatunków ryb karpio-
waty: karpia zwyczajnego (*Cyprinus carpio* L.), amura białego (*Ctenopharyngodon iddela* Val.) i tołpygi
pstrej (*Aristichthys nobilis* Rich.), utrzymywanych w polikulturze. Ryby pozyskano ze stawów rybackich
w woj. lubelskim. Analizowano wymiary morfometryczne, masę i udział elementów ciała, właściwości
fizykochemiczne (pH, przewodność elektryczną właściwą, barwę) oraz chemiczne mięsa (woda, związki
mineralne jako popiół, białko, tłuszcz, wybrane makro- i mikroelementy, TBARS), jak również wartość
kaloryczną i wskaźnik INQ. Ryby trzech ocenianych gatunków o zbliżonej masie ciała (ok. 1000 g) różni-
ły się istotnie ($p \leq 0,05$) wymiarami (długością, wysokością i szerokością), nie różniły się natomiast masą
tuszy i filetu. Największy udział tuszy i filetu ($p \leq 0,05$) stwierdzono w przypadku amura białego (odpo-
wiednio: 66,5 i 48,8 %). Filet karpia zwyczajnego 24 h *post mortem* wykazywał istotnie ($p \leq 0,05$) najniż-
sze pH (6,69) i najwyższą przewodność elektryczną ($91,88 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) oraz był najjaśniejszy (najwyższe $L^* = 55,51$),
w porównaniu z filetami tołpygi pstrej (odpowiednio: $\text{pH}_{24} = 7,31$, $\text{EC}_{24} = 2,10 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, $L^* = 52,58$)
i amura białego (odpowiednio: $\text{pH}_{24} = 7,08$, $\text{EC}_{24} = 1,33 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, $L^* = 54,86$). W tkance mięsno-
wej amura białego zmierzono najmniejszą wartość parametru b^* (-1,09). Filet tołpygi pstrej zawierał
istotnie ($p \leq 0,01$) najwięcej tłuszczu (9,60 %) o najwyższym INQ (1,45), ale jednocześnie wykazywał
najmniejszą stabilność oksydacyjną lipidów (najwyższy TBARS = $0,43 \text{ mg MDA kg}^{-1}$ tkanki mięśniowej),
w porównaniu z filetami karpia zwyczajnego i amura białego. Istotnie ($p \leq 0,05$) najwięcej Fe
($9,97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) i najmniej Cu ($0,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) stwierdzono w filecie karpia.

Słowa kluczowe: karp, amur, tołpyga, polikultura, wartość użytkowa, filet, jakość

Wprowadzenie

Ryby mogą być istotnym elementem zbilansowanej diety człowieka, gdyż dostarczają m.in. niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, pełnowartościowego białka oraz składników mineralnych [31]. W opinii konsumentów spożycie ryb i przetworów rybnych pozytywnie wpływa na zdrowie [30], ale w Polsce występuje zmniejszenie spożycia tej grupy produktów. W 2012 roku przeciętna konsumpcja ryb, przetworów rybnych i owoców morza wynosiła 11,48 kg masy żywej/osobę, podczas gdy na świecie spożycie to przekraczało 19 kg masy żywej/osobę [24]. Polacy najczęściej wybierają ryby mrożone, wędzone oraz przetwory rybne (odpowiednio: 90, 86, 85 % wskazań) [9], chociaż obserwuje się zainteresowanie konsumentów rybami świeżymi. W 2011 roku 39 % przebadanych osób zadeklarowało zakup świeżych karpia, dorsza, pstrągów, śledzi i łososi (odpowiednio: 34, 32, 31, 17, 14 % wskazań). Klienci kupowali także sandacze, szczupaki, tołpygi, płocie i okonie [16]. Z uwagi na łatwiejszy dostęp do świeżych ryb słodkowodnych, w porównaniu z rybami morskimi najczęściej oferowanymi w stanie zamrożonym, powinny one stanowić większy udział w diecie Polaków [15].

Krajowa produkcja ryb słodkowodnych obejmuje głównie dwa gatunki: karpia i pstrąga. Wzrost zainteresowania konsumentów innymi gatunkami wpłynął na zwiększenie produkcji ryb utrzymywanych w polikulturze [24]. W przypadku stawów karpiowych umieszcza się (obok karpia) inne gatunki roślinożerne, jak: tołpyga biała, tołpyga pstra, amur. Gatunki te są dobrze przystosowane do hodowli bazującej na naturalnym pokarmie [10].

Celem pracy było porównanie wartości użytkowej i jakości mięsa trzech gatunków ryb karpiojących utrzymywanych w polikulturze.

Material i metody badań

Ryby pochodziły z gospodarstwa rybackiego o największym kompleksie stawów w woj. lubelskim. Łączny areal gospodarstwa wynosi ponad 1 020 ha, a największy staw zajmuje powierzchnię 830 ha. Badaniami objęto trzy gatunki ryb karpiojących: karpia zwyczajnego odmiany bezłuskiej (*Cyprinus carpio* L.), amura białego (*Ctenopharyngodon iddela* Val.) i tołpygę pstrą (*Aristichtys nobilis* Rich.). Ryby utrzymywano w tym samym stawie ziemnym (w systemie nisko intensywnym). Pokarm naturalny uzupełniano paszą składającą się z mieszanki zbóż z przewagą pszenicy i żyta. Ryby, po 12 osobników każdego gatunku, odłowiono w sezonie zimowym w 2013 roku. Osobniki wszystkich gatunków zostały zakwalifikowane jako tzw. lekka handlówka, w wieku 2+. Po odłowieniu z magazynów ryby ogłuszano mechanicznie i uśmiercano (przez przecięcie rdzenia kręgowego), a następnie określano ich masę [g]. Za pomocą liniału mierniczego mierzono [cm] długość całkowitą ryby, długość ciała

i długość boczną głowy. Wysokość głowy, największą i najmniejszą wysokość ciała oraz szerokość ciała mierzono przy użyciu suwaka metrycznego (w cm). Po wykonaniu wstępnej obróbki ryb (odłuszczenie, patroszenie, odgławianie i odpłetwianie) określano masę głowy, wnętrzości i płetw. Z uzyskanej tuszy wydzielano kości i filet (tkanka mięśniowa i skóra). Na podstawie masy ww. elementów określano ich udział w ciele ryby. Następnie filety przechowywano chłodniczo (w temp. 4 °C) przez 3 dni.

Ocena jakości fizykochemicznej filetów obejmowała pomiar pH za pomocą pehametru CP-401 z elektrodą szklaną (Elmetron, Polska) i przewodności elektrycznej właściwej – EC [$\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$] za pomocą aparatu PQM I/Kombi (GmbH Aichach, Germany). Pomiarów wykonywano bezpośrednio po wykrojeniu filetów i po 24-godzinnym ich przechowywaniu w temp. 4 °C (odpowiednio: pH_1 i EC_1 oraz pH_{24} i EC_{24}). Barwę świeżej powierzchni filetu oznaczano w systemie CIE Lab za pomocą kolorymetru Minolta CR-310, po 30-minutowej ekspozycji na tlen atmosferyczny, rejestrując wartość parametrów L^* , a^* i b^* [4].

Oznaczenia chemiczne wykonywano w próbkach filetów. Zawartość podstawowych składników chemicznych oznaczano metodami referencyjnymi: wody – metodą suszenia (w temp. 103 °C) wg PN-ISO 1442:2000 [34], składników mineralnych w postaci popiołu – metodą spopielenia w piecu muflowym (temp. 550 °C) wg PN-ISO 936:2000 [35], białka ogólnego – metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu Büchi B-324 wg PN-75/A-04018 [36], tłuszczu – metodą Soxhleta (stosując n-heksan jako rozpuszczalnik) przy użyciu aparatu Büchi B-811 wg PN-A-86734:1967 [37]. Wartość kaloryczną brutto [$\text{kJ}\cdot 10\text{-g}^{-1}$] obliczano na podstawie zawartości białka ogólnego i tłuszczu, stosując równoważniki energetyczne: 1g białka = 23,64 kJ, a 1 g tłuszczu = 39,54 kJ. Określano także wskaźnik INQ białka i tłuszczu wg Hansena i wsp. [11], przyjmując do obliczeń referencyjne wartości spożycia energii i składników odżywczych zgodnie z rozporządzeniem PEiR (UE) Nr 1169/2011 z dnia 25.10.2011 r. Dz. Urz. L 304 z 22.11.2011, str. 18). Ponadto oznaczano zawartość wybranych makroelementów: potasu, sodu, wapnia, magnezu oraz mikroelementów: cynku, żelaza, manganu i miedzi. Próbkę filetów mineralizowano w HNO_3 , w systemie mikrofalowym, przy użyciu pieca mikrofalowego MarsXpress (CEM Corporation, Matthews, NC, USA). Oznaczenia wykonywano za pomocą spektrometru Spectra 240FS (Varian), stosując atomizację w płomieniu (FAAS, płomień powietrze – acetylen). Dokładność oznaczeń weryfikowano przy użyciu certyfikowanych materiałów odniesienia – DORM-3 oraz Standard Reference Material 1577c Bovine Liver, uwzględniając limity wykrywalności (LOD) i oznaczalności (LOQ). Ilościowego określenia związków mineralnych dokonywano na podstawie krzywej wzorcowej, a otrzymane wyniki wyrażano w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy.

Stabilność oksydacyjną lipidów oznaczano metodą Witte'a i wsp. [32], przy użyciu spektrofotometru Varian Cary 300 Bio przy długości fali $\lambda = 530$ nm. Wartość TBARS wyrażano w mg aldehydu malonowego (MDA) w 1 kg mięsa.

Wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica ver.6.0. Obliczano wartości średnie i odchylenia standardowe. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji [28]. Istotność różnic między wartościami średnimi wyznaczano testem Tukeya ($p \leq 0,05$ i $p \leq 0,01$).

Wyniki i dyskusja

Wartość użytkowa ryb, jako artykułów spożywczych, zależy od ich gatunku, udziału części jadalnych oraz cech jakościowych i ilościowych.

Tabela 1. Cechy morfometryczne wybranych ryb karpiowatych
Table 1. Morphometric features of selected carp fish

Cecha Feature	Karp zwyczajny Common carp	Tołpyga pstra Bighead carp	Amur biały Grass carp
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Masa całkowita [g] Total weight	1020,14 \pm 136,60	981,79 \pm 226,79	1013,10 \pm 77,63
Długość całkowita [cm] Total length	39,25 ^a \pm 1,70	42,50 ^a \pm 2,61	46,75 ^b \pm 2,06
Długość ciała [cm] Body length	32,25 ^A \pm 1,50	35,75 ^B \pm 1,44	40,00 ^C \pm 0,81
Długość boczna głowy [cm] Lateral length of head	9,50 ^{ab} \pm 0,96	10,55 ^b \pm 0,75	9,10 ^a \pm 0,34
Wysokość głowy [cm] Head height	5,90 ^b \pm 0,35	6,22 ^b \pm 0,35	5,35 ^a \pm 0,30
Największa wysokość ciała [cm] The highest body height	12,32 ^C \pm 0,64	10,40 ^B \pm 1,21	8,40 ^A \pm 0,40
Najmniejsza wysokość ciała [cm] The lowest body height	4,73 ^b \pm 0,38	4,02 ^a \pm 0,26	4,28 ^a \pm 0,13
Szerokość ciała [cm] Body width	4,40 ^a \pm 0,28	4,58 ^a \pm 0,53	5,85 ^b \pm 0,25

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia \pm odchylenie standardowe / mean value \pm standard deviation; wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie: a, b, c – $p \leq 0,05$, A, B, C – $p \leq 0,01$ / means in rows and denoted using different letters differ statistically significantly: a, b, c – $p \leq 0.05$, A, B, C – $p \leq 0.01$.

W tab. 1 przedstawiono charakterystykę morfometryczną ryb, a w tab. 2 masę i udział poszczególnych części ciała. Konsumenci przy zakupie ryb świeżych najczęściej preferują osobniki o masie od 1 do 2 kg [18]. Również w przypadku karpia za ryby handlowe uważa się osobniki w ww. zakresie masy (przy stosowanym dwu- lub

trzyletnim systemie chowu). Masa ryb ocenianych gatunków nie była istotnie zróżnicowana i wahała się od 981,8 g w przypadku tołpygi pstrej do 1020,1 g – karpia zwyczajnego. Gatunek istotnie różnicował natomiast wszystkie wymiary morfometryczne ciała ryb. Istotnie największą długością ciała ($p \leq 0,01$) i szerokością ciała ($p \leq 0,05$) charakteryzował się amur biały w porównaniu z pozostałymi gatunkami. Istotnie ($p \leq 0,05$) największe wartości pomiarów morfometrycznych głowy (długość boczna i wysokość) stwierdzono w przypadku tołpygi pstrej, natomiast największymi wartościami obu wysokości ciała charakteryzował się karp zwyczajny.

Tabela 2. Masa i udział poszczególnych części ciała wybranych ryb karpiowatych
Table 2. Weight and percent content of body parts of selected carp fish

Element ciała Body part	Karp zwyczajny Common carp	Tołpyga pstra Bighead carp	Amur biały Grass carp
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Masa / Weight [g]			
Tusza / Carcass	580,29 ± 162,76	540,04 ± 134,27	672,81 ± 41,18
Filet / Fillet	378,30 ± 140,59	395,58 ± 114,86	494,23 ± 39,35
Głowa / Head	281,15 ^{ab} ± 44,14	311,49 ^b ± 47,80	223,99 ^a ± 18,05
Szkielet / Bones	148,93 ^b ± 27,46	108,46 ^a ± 20,22	148,49 ^b ± 15,80
Wnętrznosci / Viscera	92,75 ± 13,30	78,95 ± 35,21	72,89 ± 14,51
Skóra / Skin	95,53 ± 27,30	75,03 ± 4,97	100,05 ± 18,40
Płetwy / Fins	53,06 ^b ± 10,87	36,00 ^a ± 4,82	30,10 ^a ± 2,35
Udział / Percent content [%]			
Tusza / Carcass	56,44 ^{ab} ± 11,07	54,86 ^a ± 4,64	66,50 ^b ± 2,30
Filet / Fillet	36,74 ^a ± 11,51	39,94 ^{ab} ± 5,37	48,84 ^b ± 1,44
Głowa / Head	27,62 ^{ab} ± 3,44	32,43 ^b ± 6,15	22,11 ^a ± 0,65
Szkielet / Bones	14,54 ^B ± 1,12	11,12 ^A ± 0,44	14,68 ^B ± 1,38
Wnętrznosci / Viscera	9,09 ± 0,66	7,81 ± 2,59	7,15 ± 1,00
Skóra / Skin	9,23 ± 1,34	7,89 ± 1,55	9,93 ± 1,97
Płetwy / Fins	5,17 ^b ± 0,41	3,79 ^a ± 0,93	2,98 ^a ± 0,22

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Największą masę głowy miała tołpyga pstra, a najmniejszą – amur biały (tab. 2), co wynika z budowy anatomicznej tych gatunków (tab. 1). Tołpyga pstra charakteryzowała się natomiast istotnie ($p \leq 0,05$) najmniejszą masą szkieletu, w porównaniu z amurem białym i karpem zwyczajnym. Ten ostatni gatunek miał istotnie ($p \leq 0,05$) większą masę płetw niż tołpyga pstra i amur biały. Nie stwierdzono istotnych różnic

pomiędzy ocenianymi gatunkami w odniesieniu do masy pozostałych części, w tym najcenniejszych elementów tzn. tuszy i filetu, jak również skóry i wnętrzości (tab. 2).

Z uwagi na zbliżoną masę ciała ocenianych gatunków ryb udział poszczególnych części był proporcjonalny. Potwierdzeniem tych obserwacji był udział głowy, szkieletu i płetw. Stwierdzono natomiast istotnie ($p \leq 0,05$) największy udział tuszy i filetu w przypadku amura białego, w porównaniu z tołpygą pstrą i karpem zwyczajnym.

Udział wnętrzości i skóry był zbliżony i nie różnił się istotnie pomiędzy gatunkami. Przeciętna wydajność rzeźna karpia (udział tuszy w masie ryby) w Polsce waha się od 51,2 do 59,4 % [29]. Marcu i wsp. [21] obserwowali zwiększenie udziału tuszy karpia z 50,68 do 60,28 % wraz ze wzrostem masy ryb z 785 do 2010 g.

Tabela 3. Cechy fizykochemiczne filetów wybranych ryb karpiowatych
Table 3. Physical-chemical characteristics of fillets of selected carp fish

Cecha Feature	Karp zwyczajny Common carp	Tołpyga pstra Bighead carp	Amur biały Grass carp
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
pH ₁	7,36 ^{ab} ± 0,14	7,33 ^a ± 0,09	7,58 ^b ± 0,08
pH ₂₄	6,69 ^a ± 0,21	7,31 ^b ± 0,16	7,08 ^b ± 0,31
EC ₁ [mS cm ⁻¹] Electrical conductivity	1,87 ^{ab} ± 0,15	2,10 ^b ± 0,61	1,37 ^a ± 0,10
EC ₂₄ [mS cm ⁻¹] Electrical conductivity	1,88 ^b ± 0,12	1,43 ^{ab} ± 0,51	1,33 ^a ± 0,10
CIE			
L*	55,51 ± 2,77	52,58 ± 7,98	54,86 ± 0,43
a*	16,31 ^b ± 1,47	14,19 ^b ± 0,91	10,54 ^a ± 1,28
b*	3,68 ^b ± 2,12	-0,95 ^a ± 0,36	-1,09 ^a ± 0,96

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Istotnie najniższe początkowe pH oznaczono w filecie tołpygi pstrej, a najwyższe – w filecie amura białego (tab. 3). Po 24-godzinnym przechowywaniu istotnie najniższe pH₂₄ oznaczono w filecie karpia zwyczajnego w porównaniu z pozostałymi gatunkami. Warto nadmienić, że stopień zakwaszenia filetu tołpygi pstrej nie zmienił się, a amura białego – zmniejszył się o 0,5 jedn., przy czym oba gatunki nie przekroczyły wartości pH poniżej 7,0. Brak związku pomiędzy tempem i zakresem obniżania pH₁ w filetach pstrągów tęczowych El Rammouz i wsp. [5] tłumaczą odmiennym uwarunkowaniem tych dwóch parametrów, tzn. ilością glikogenu mięśniowego bezpośrednio *post mortem* i tempem hydrolizy ATP. Tkanka mięśniowa ryb zawiera bardzo mało

glikogenu (0,3 %), dlatego zakwasza się do pH poniżej 6,0 tylko w wyjątkowych przypadkach [7].

Na tempo przemian pośmiertnych tkanki mięśniowej (zakwaszenie i czas wystąpienia *rigor mortis*) istotnie wpływa sposób pozyskania ryb. Erikson i Misimi [6] wykazali, że tkanka mięśniowa łososia atlantyckiego uzyskana po uśpieniu ryb charakteryzowała się wyższym pH (ok. 7,5) w porównaniu z pH tkanki ryb wyczerpanych (ok. 6,7).

Pomiar przewodności elektrycznej jest wykorzystywany do określania zarówno jakości produktów żywnościowych, w tym świeżości ryb [22], jak i kontroli procesów przetwórczych [8]. Yao i wsp. [33] oraz Bao i wsp. [2] potwierdzili (na podstawie analizy modeli kinetycznych) przydatność pomiaru przewodności elektrycznej do dokładnego prognozowania zmian świeżości podczas przechowywania chłodniczego ryb karpiowatych. Przewodność elektryczna właściwa filetów ocenianych gatunków ryb różniła się istotnie ($p \leq 0,05$) tuż po ich wykrojeniu i była najniższa w tkance amura białego, a najwyższa – w tkance tołpygi pstrej. Filet amura białego po 24 h nadal wykazywał istotnie ($p \leq 0,05$) najniższą przewodność elektryczną (EC_{24}), natomiast najwyższą – filet karpia zwyczajnego (tab. 3). Należy nadmienić, że obniżenie wartości EC obserwowano jedynie w przypadku tołpygi pstrej, natomiast w tkance mięśniowej pozostałych gatunków wartość EC_{24} praktycznie nie zmieniała się.

Jedną z najważniejszych cech ocenianych przez konsumentów preferujących filety białe jest ich barwa. Do oceny barwy skóry i mięsa ryb wykorzystywane są zarówno parametry achromatyczne (np. jasność), jak i chromatyczne (wartość a^* i b^* oraz nasycenie C^* i odcień h°) [23, 25]. Jasność (L^*) filetów ocenianych gatunków ryb nie różniła się istotnie, jakkolwiek dużą zmienność tej właściwości obserwowano w przypadku tołpygi pstrej. Istotne zróżnicowanie pomiędzy gatunkami stwierdzono natomiast w przypadku parametrów chromatycznych a^* i b^* . Filet karpia zwyczajnego wykazywał najwyższy udział barwy czerwonej i żółtej. Najniższą wartość a^* wykazano w filecie amura białego, a parametr b^* w przypadku tołpygi pstrej i amura białego przyjmował wartości ujemne, co świadczy o przewodze barwy niebieskiej.

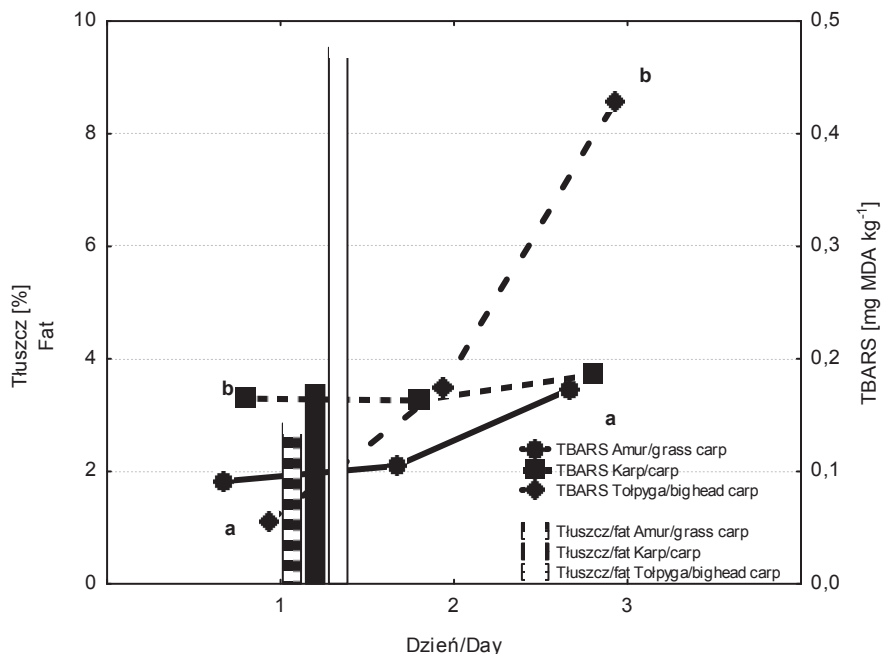
Warto podkreślić, że filet karpia zwyczajnego 24 h *post mortem* wykazywał istotnie ($p \leq 0,05$) najwyższą przewodność elektryczną, najniższe pH, największy udział barwy żółtej (b^*) oraz był najjaśniejszy. Zbliżone tendencje wykazali wcześniej Litwińczuk i wsp. [19], oceniając karasie srebrzyste, których tkanka mięśniowa o istotnie większej przewodności elektrycznej właściwej wykazywała istotnie większą jasność (wyższe L^*) oraz wyższy udział barwy żółtej (b^*). Erikson i Misimi [6] obserwowali zmianę barwy filetów łososi uśpionych lub wyczerpanych, zarówno w fazie *prerigor*, jak i w trakcie rozwoju *rigor mortis*. Kierunek tych zmian był uzależniony początkowo od obniżenia pH, a później od momentu wystąpienia i rozwoju właściwego *rigor*. We wczesnej fazie *post mortem* jasność filetów z ryb znieczulonych zmniejszała się wraz

z obniżaniem pH, natomiast po osiągnięciu fazy *rigor* wartość L^* zwiększała się niezależnie od zmian pH.

Na rys. 1. przedstawiono udział tłuszczu i zmianę wartości TBARS w kolejnych 3 dniach chłodniczego przechowywania tusz ocenianych gatunków ryb. Istotnie ($p \leq 0,05$) najwyższą wartość TBARS w 1. dniu przechowywania stwierdzono w filetach karpia zwyczajnego ($0,16 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$ tkanki mięśniowej) w porównaniu z pozostałymi gatunkami ($0,06 \div 0,09 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$ tkanki mięśniowej). W drugim dniu obserwowano jedynie wzrost wartości TBARS w filecie tołpygi pstrej i taka tendencja utrzymywała się również w 3. dniu przechowywania tego gatunku – poziom TBARS osiągnął istotnie ($p \leq 0,05$) najwyższą wartość ($0,43 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$ tkanki mięśniowej). W filetach amura białego i karpia zwyczajnego końcowa wartość tego wskaźnika wynosiła odpowiednio: $0,17$ i $0,19 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$ tkanki mięśniowej.

Najwyższy wzrost TBARS (o 700 %) w czasie chłodniczego przechowywania stwierdzono w filecie tołpygi pstrej w porównaniu z tkanką karpia zwyczajnego (19 %) i amura białego (89 %). Wyniki te można tłumaczyć istotnie ($p \leq 0,01$) większą zawartością tłuszczu w filecie tołpygi pstrej (9,60 %) w porównaniu z tkanką karpia zwyczajnego (3,70 %) i amura białego (2,85 %). Kulawik i wsp. [16] stwierdzili istotne zróżnicowanie wartości TBA w filecie tilapii (o zawartości tłuszczu – 1,16 %) przechowywanych w lodzie przez 21 dni, jakkolwiek maksymalny poziom – $0,6 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$ oznaczono w 4. dniu. Li i wsp. [17], oceniając zmianę TBA w całych karasiach (*Carassius auratus*) (o przeciętnej zawartości tłuszczu 3,22 %) przechowywanych w temp. $4 \text{ }^\circ\text{C}$ przez 20 dni, stwierdzili stopniowy wzrost wartości tego parametru z $0,19$ do $0,84 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$. Wyższą wartość TBA w filecie tołpygi białej, przechowywanej w podobnych jak wyżej warunkach przez 35 dni, uzyskali Fan i wsp. [7]. W 13. dniu ich obserwacji poziom TBA w tkance tego gatunku osiągnął graniczną wartość $2 \text{ mg MDA} \cdot \text{kg}^{-1}$, wskazującą na obecność niepożądanego smaku i zapachu. Tak wysoki zakres oksydacji lipidów tkanki tego gatunku cytowani autorzy [7] tłumaczą częściową dehydratacją ryb, większą zawartością tłuszczu i zwiększoną oksydacją nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Istotnie ($p \leq 0,01$) najmniejszą zawartość wody i jednocześnie największą – tłuszczu stwierdzono w filecie tołpygi pstrej w porównaniu z tkanką karpia zwyczajnego i amura białego (tab. 4). W konsekwencji filet tołpygi pstrej charakteryzował się istotnie ($p \leq 0,01$) największą kalorycznością (energiją brutto) i wartością wskaźnika INQ tłuszczu w porównaniu z pozostałymi gatunkami. Nie potwierdzono natomiast istotnego wpływu gatunku na zawartość białka w filetach ryb.



Rys. 1. Zawartość tłuszczu w filetach wybranych ryb karpioiwatych i zmiana wartości TBARS w czasie 3-dniowego przechowywania

Fig. 1. Fat content in fillets of selected carp fish and changes in TBARS value during 3 day storage

Porównywalną, z wynikami badań własnych, zawartość podstawowych składników chemicznych w tkance karpia z różnych hodowli w Polsce podają Tkaczewska i Migdał [29]. Wyniki badań innych autorów wskazują na znaczne zróżnicowanie wyników, zwłaszcza pod względem zawartości tłuszczu. Budi i wsp. [3] oznaczyli w tkance karpia ponad dwa razy więcej tłuszczu (8,97 %), przy zbliżonej zawartości białka (16,60 %) i składników mineralnych oznaczonych w postaci popiołu (1,20 %) oraz mniej wody (73,22 %). Blisko trzy razy mniej tłuszczu w tkance tołpygi pstrej, w porównaniu z wynikami badań własnych, stwierdzili Hadjinikolova i wsp. [10] – 3,07 % oraz Hoseini i wsp. [12] – 3,40 %. Z kolei w tkance mięśniowej amura białego Hadjinikolova i wsp. [10] oznaczyli mniej tłuszczu – 1,91 %, zbliżoną zawartość – 2,52 % podaje Ashraf i wsp. [1], natomiast Romvari i wsp. [26] oznaczyli dwa razy więcej tłuszczu – 5,50 %. Produkty rybne uznawane są za lepsze źródło białka niż inne produkty pochodzenia zwierzęcego, ponieważ dostarczają dużo białka i niewielką ilość energii. Kaloryczność przeciętnej porcji ryb (100 g) wynosi od poniżej 400 do ok. 1225 kJ [14]. Wartość energetyczna nawet bardzo tłustych ryb jest mniejsza niż innych produktów pochodzenia zwierzęcego [13]. W zależności od systemu chowu ryb karpioiwatych (ekologiczny czy tradycyjny), Hadjinikolova i wsp. [10] uzyskali mniejszą,

w porównaniu z wynikami badań własnych, kaloryczność filetów karpia zwyczajnego ($437,4 \div 445,0 \text{ kJ} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), amura białego ($456,6 \div 486,3 \text{ kJ} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) i tołpygi pstrej ($504,4 \div 545,8 \text{ kJ} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Tabela 4. Podstawowy skład chemiczny, wartość energetyczna i indeksy INQ białka i tłuszczu filetów wybranych ryb karpiowatych

Table 4. Basic chemical composition, energy value, and INQ indices for protein and fat in fillets of selected carp fish

Wyszczególnienie Specification	Karp zwyczajny Common carp	Tołpyga pstra Bighead carp	Amur biały Grass carp
	$\bar{x} \pm s / \text{SD}$	$\bar{x} \pm s / \text{SD}$	$\bar{x} \pm s / \text{SD}$
Woda / Moisture [%]	$78,38^{\text{B}} \pm 0,44$	$72,35^{\text{A}} \pm 0,61$	$78,34^{\text{B}} \pm 0,64$
Białko / Protein [%]	$16,83 \pm 0,22$	$17,24 \pm 0,56$	$17,07 \pm 0,68$
Tłuszcz / Fat [%]	$3,70^{\text{A}} \pm 0,96$	$9,60^{\text{B}} \pm 3,15$	$2,85^{\text{A}} \pm 1,24$
Popiół / Ash [%]	$1,01^{\text{a}} \pm 0,08$	$1,19^{\text{ab}} \pm 0,36$	$1,60^{\text{b}} \pm 0,22$
Energia / Energy [$\text{kJ} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$]	$546,27^{\text{A}} \pm 40,40$	$791,58^{\text{B}} \pm 73,83$	$516,16^{\text{A}} \pm 47,27$
INQ / Index of nutritive quality			
Białko / Protein	$5,19^{\text{B}} \pm 0,35$	$3,71^{\text{A}} \pm 0,33$	$5,59^{\text{B}} \pm 0,52$
Tłuszcz / Fat	$0,81^{\text{A}} \pm 0,15$	$1,45^{\text{B}} \pm 0,14$	$0,65^{\text{A}} \pm 0,22$

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Wskaźnik jakości żywieniowej INQ ryb i ich przetworów wynosi przeciętnie 7,61. INQ mięsa ryb przewyższa nawet analogiczny indeks jaj i jest prawie dwa razy większy niż INQ produktów mięsnych i mleczarskich [14]. We wcześniejszych badaniach autorów [27], porównujących tkankę mięśniową karpia i pstrągów tęczowych, stwierdzono przeciętną wartość INQ białka w zakresie od 4,97 (karp) do 5,59 (pstrąg tęczowy), a INQ tłuszczu – od 0,74 (pstrąg tęczowy) do 0,91 (karp).

Po przeanalizowaniu zawartości makroelementów nie stwierdzono istotnych ($p \leq 0,05$) różnic pod względem tych składników w filetach ocenianych gatunków ryb (tab. 5).

Istotne ($p \leq 0,05$) różnice stwierdzono w przypadku takich mikroelementów, jak żelazo i miedź. Największą zawartość Fe stwierdzono w filecie karpia zwyczajnego ($9,97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a najmniejszą w tkance amura białego ($5,49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Odwrotną relację wykazano w przypadku miedzi, tzn. filet amura białego zawierał jej istotnie ($p \leq 0,05$) najwięcej ($0,242 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a filet karpia zwyczajnego – najmniej ($0,150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Podobną tendencję, lecz niepotwierdzoną statystycznie obserwowano również w przypadku Zn. Łuczyńska i wsp. [20] w mięśniach karpia stwierdzili mniejszą zawartość żelaza ($2,31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), a większą miedzi ($0,411 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Tabela 5. Zawartość makro- i mikroelementów w filetach wybranych ryb karpiowatych.

Table 5. Concentration of macro- and microelements in fillets of selected carp fish.

Pierwiastek [mg·kg ⁻¹] Element	Karp zwyczajny Common carp	Tołpyga pstra Bighead carp	Amur biały Grass carp
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Makroelementy / Macroelements			
K	3720,25 ± 430,88	4279,77 ± 510,15	4194,60 ± 178,94
Na	259,75 ± 46,97	207,35 ± 90,27	172,14 ± 31,82
Ca	281,28 ± 86,45	212,40 ± 64,77	371,50 ± 160,30
Mg	265,84 ± 25,73	259,00 ± 56,21	213,09 ± 57,01
Mikroelementy / Microelements			
Fe	9,97 ^b ± 1,95	8,08 ^{ab} ± 2,42	5,49 ^a ± 2,75
Cu	0,150 ^a ± 0,022	0,196 ^{ab} ± 0,054	0,242 ^b ± 0,071
Zn	0,465 ± 0,212	0,505 ± 0,200	0,931 ± 0,546
Mn	0,191 ± 0,034	0,174 ± 0,027	0,196 ± 0,025

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Wnioski

1. Porównywane gatunki ryb karpiowatych o zbliżonej masie ciała (ok. 1000 g) różniły się istotnie ($p \leq 0,05$) wymiarami (długością, wysokością i szerokością). Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania w zakresie masy tuszy, filetu, wnętrzości i skóry. Amur biały charakteryzował się istotnie ($p \leq 0,05$) większym udziałem tuszy i filetu w porównaniu z tołpygą pstrą i karpem zwyczajnym.
2. Filet karpia zwyczajnego wykazywał istotnie ($p \leq 0,05$) najniższe pH końcowe, najwyższą przewodność elektryczną oraz był najjaśniejszy w porównaniu z filetem tołpygi pstrej i amura białego.
3. W czasie chłodniczego przechowywania filetów stwierdzono najniższą stabilność oksydacyjną tkanki mięśniowej tołpygi pstrej, która zawierała równocześnie istotnie ($p \leq 0,01$) więcej tłuszczu w porównaniu z tkanką karpia zwyczajnego i amura białego.
4. Filety karpia zwyczajnego i amura białego wykazywały istotnie ($p \leq 0,01$) wyższy indeks wartości żywieniowej (INQ) białka, a niższy tłuszczu w porównaniu z filetami tołpygi pstrej.
5. Zawartość makroelementów oraz Zn i Mn w filetach ocenianych ryb karpiowatych była zbliżona.

Literatura

- [1] Ashraf M.A., Zafar A., Mehboob R.S., Qureshi N.A.: Nutritional values of wild and cultivated silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Int. J. Agric. Biol., 2011, **13**, 210-214.

- [2] Bao Y., Zhou Z., Lu H., Luo Y., Shen H.: Modelling quality changes in Songpu mirror carp (*Cyprinus carpio*) fillets stored at chilled temperatures: comparison between Arrhenius model and logistic model. *Int. J. Food Sci. Techn.*, 2013, **48**, 387-393.
- [3] Budi I., Ladosi D., Reka St., Negrea O.: Study concerning chemical composition of fish meat depending on the considered fish species. *Lucrări Stiințifice Zootehnie și Biotehnologii*, 2008, **41 (2)**, 201-206.
- [4] CIE: Colorimetry (3rd ed.). Commission International de l'Eclairage. Vienna Austria, 2004, pp. 16-20.
- [5] El Rammouz R., Abboud J., Abboud M., El Mur A., Yammine S., Jammal B.: Physicochemical characteristics of fillet in commercial freshwater farm - Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) subjected to two different slaughter methods. *J. Appl. Sci. Res.*, 2013, **9 (10)**, 6404-6413.
- [6] Erikson U., Misimi E.: Atlantic salmon skin and fillet color changes effected by perimortem handling stress, rigor mortis, and ice storage. *J. Food Sci.*, 2008, **73, 2**, C50-C59.
- [7] Fan W., Chi Y., Zhang S.: The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chem.*, 2008, **108**, 148-153.
- [8] García-Breijo E., Barat J.M., Torres O.L.: Development of a puncture electronic device for electrical conductivity measurements throughout meat salting. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2008, **148**, 63-67.
- [9] Górska-Warsewicz H.: Konsument na rynku ryb i przetworów rybnych. *Przem. Spoż.*, 2007, **5**, 48-50.
- [10] Hadjinikolova L., Nikolova L., Stoeva A.: Comparative investigations on the nutritive value of carp fish meat (*Cyprinidae*), grown at organic aquaculture conditions. *Bul. J. Agric. Sci.*, 2008, **14 (2)**, 127-132.
- [11] Hansen R.G., Wyse B.W., Sorenson A.W.: Nutrition quality index of food. Westport, CT. AVI Publishing Co., 1979.
- [12] Hoseini M., Baboli M.J., Sary A.A.: Chemical composition and fatty acids profile of farmed Big head carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) and Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) filet. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation Int. J. Bioflux Society*, 2013, **6 (3)**, 202-210.
- [13] Jeszka J.: Energia. W: *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Red. J. Gawęcki. T. 1. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2010, ss. 133-154.
- [14] Kołakowska A., Kołakowski E.: Szczególne właściwości żywieniowe ryb. *Przem. Spoż.*, 2001, **6 (55)**, 10-13.
- [15] Kołakowska A., Szczygielski M., Bienkiewicz G., Zienkiewicz L.: Some of fish species as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Acta Ichthyol. Pisc.*, 2000, **30, 2**, 59-70.
- [16] Kulawik P., Özgül F., Glew R.H.: Quality properties, fatty acids, and biogenic amines profile of fresh tilapia stored in Ice. *J. Food Sci.*, 2013, **78 (7)**, 1063-1068.
- [17] Li T., Li J., Hu W., Zhang X., Li X., Zhao J.: Shelf-life extension of crucian carp (*Carassius auratus*) using natural preservatives during chilled storage. *Food Chem.*, 2012, **135**, 140-145.
- [18] Lirski A., Siwicki K.A., Wolnicki J.: Wybrane zagadnienia dobrostanu karpia. *Wyd. Inst. Rybactwa Śródlądowego, Olsztyn* 2007.
- [19] Litwińczuk A., Skalecki P., Florek M., Grodzicki T.: Wartość użytkowa i jakość fizykochemiczna mięsa karasia srebrzystego (*Carassius auratus gibelio*) odławianego w sezonie wiosennym i jesiennym. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2006, **2 (4)**, 97-101.
- [20] Łuczyńska J., Tońska E., Borejszo Z.: Zawartość makro- i mikroelementów oraz kwasów tłuszczowych w mięśniach łososia (*Salmo salar* L.), pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) i karpia (*Cyprinus carpio* L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **3 (76)**, 162-172.
- [21] Marcu A., Nichita I., Nicula M., Marcu B., Kelciov A.: Studies regarding the meat quality of the specie *Cyprinus carpio*. *Lucrări Științifice - Seria Medicină Veterinară*, 2010, **XLIII (2)**, 265-270.

- [22] Ochrem A.S., Zapletal P., Maj D., Gil Z., Żychlińska-Buczek J.: Changes in physical and dielectrical properties of carp meat (*Cyprinus carpio*) during cold storage. *J. Food Process Eng.*, 2014, **37**, 177-184.
- [23] Pavlidis M., Papandroulakis N., Divanach P.: A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: Preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae. *Aquaculture*, 2006, **258**, 211-219.
- [24] Pieńkowska B., Hryszko K.: Rynek ryb. Stan i perspektywy. Analizy rynkowe. Wyd. IERiGŻ – PIB, Warszawa 2012, **18**.
- [25] Rahmanifarah K., Shabanpour B., Sattari A.: Effects of clove oil on behavior and flesh quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in comparison with pre-slaughter CO₂ stunning, chilling and asphyxia. *Turk. J. Fish. Aquatic Sci.*, 2011, **11**, 139-147.
- [26] Romvari R., Hancz C.S., Petrasi Z., Molnar T., Horn P.: Non-invasive measurement of fillet composition of four freshwater fish species by computer tomography. *Aquaculture International*, 2002, **10**, 231-240.
- [27] Skąlecki P., Florek M., Litwińczuk A., Staszowska A., Kaliniak A.: Wartość użytkowa i skład chemiczny mięsa karpia (*Cyprinus carpio* L.) i pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss* Walb.) pozyskanych z gospodarstw rybackich regionu lubelskiego. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2013, **9**, **2**, 57-62.
- [28] Statsoft Inc., Statistica, data analysis software system, 2003. ver. 6., www.statsoft.com
- [29] Tkaczewska J., Migdał W.: Porównanie wydajności rzeźnej, zawartości podstawowych składników odżywczych oraz poziomu metali ciężkich w mięśniach karpia (*Cyprinus carpio* L.) pochodzących z różnych rejonów Polski. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **6** (85), 180-189.
- [30] Trondsen T., Braaten T., Lund E., Eggen A.E.: Consumption of seafood – the influence of overweight on health beliefs. *Food Qual. Prefer.*, 2004, **15**, 361-374.
- [31] Usyduś Z., Szlinder-Richert J., Adamczyk M., Szatkowska U.: Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chem.*, 2011, **126**, 78-84.
- [32] Witte V.C., Krause G.F., Bailey M.E.: A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.*, 1970, **35**, 582-585.
- [33] Yao L., Luo Y., Sun Y., Shen H.: Establishment of kinetic models based on electrical conductivity and freshness indicators for the forecasting of crucian carp (*Carassius carassius*) freshness. *J. Food Eng.*, 2011, **107**, 147-151.
- [34] PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości wody (metoda referencyjna).
- [35] PN-ISO 936:2000. Mięso i przetwory mięsne. Określenie zawartości popiołu ogólnego.
- [36] PN-75/A-04018. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [37] PN-A-86734:1967. Ryby, przetwory rybne i produkty uboczne z ryb. Oznaczanie zawartości tłuszczu.

USE VALUE AND QUALITY OF FILLETS OF CARP FISH (CYPRINIDAE) REARED IN POLYCULTURE

Summary

The research objective was to compare the use value and quality of fillets of three *Cyprinidae* fish species: common carp (*Cyprinus carpio* L.), grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.), and bighead carp (*Aristichthys nobilis* Rich.) reared in a polyculture. Fish were captured from farm ponds to raise fish in the Province of Lublin. The following was analyzed: morphometric dimensions, weight and percent content of body parts, physical-chemical characteristics of the fillets (pH, electrical conductivity, colour), chemical features of the fillets (water, mineral compounds as ash, protein, fat, selected macro- and microelements,

TBARS), and, also, value of energy and INQ. Fish of the three assessed species that had a similar weight (about 1000 g) differed significantly ($p \leq 0.05$) in their body dimensions (length, height, and width); however, they did not differ in the weight of carcass and fillet. It was found that the grass carp had the highest percent content of carcass and fillet (66.5 and 48.8%, respectively). The pH value of the fillet of common carp analyzed 24h *post mortem* was significantly ($p \leq 0.05$) the lowest (6.69) and its electrical conductivity was significantly ($p \leq 0.05$) the highest ($91.88 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), and its colour was the brightest (the highest $L^* = 55.51$) compared to the fillets of bighead carp ($\text{pH}_{24}=7.31$, $\text{EC}_{24}=2.10 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, $L^* = 52.58$, respectively) and of grass carp ($\text{pH}_{24}=7.08$, $\text{EC}_{24}=1.33 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, $L^* = 54.86$, respectively). The lowest value of the b^* (-1.09) was measured in the tissue of grass carp. The content of fat (9.60%) in the fillet of bighead carp was significantly ($p \leq 0.01$) the highest with the highest INQ; however, at the same time, the oxidative stability of the lipids thereof was the lowest (the highest TBARS = $0.43 \text{ mg MDA kg}^{-1}$ of the muscle tissue) compared to the fillets of common carp and grass carp. In the fillet of common carp, the concentration of Fe ($9.97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) was found to be significantly ($p \leq 0.05$) the highest and the concentration of Cu ($9.97 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) to be significantly ($p \leq 0.05$) the lowest.

Key words: common carp, grass carp, bighead carp, polyculture, use value, fillet, quality ☒