

GRZEGORZ BIENKIEWICZ, ZDZISŁAW DOMISZEWSKI,
GRZEGORZ TOKARCZYK, DOMINIKA PLUST

ROZMIESZCZENIE LIPIDÓW I ICH ZMIANY OKSYDACYJNE W POSZCZEGÓLNYCH CZĘŚCIACH FILETÓW Z PSTRĄGA TĘCZOWEGO

Streszczenie

Lipidy ryb ze względu na swój charakter są bardzo podatne na utlenianie, szczególnie na procesy autooksydacji. Stopień utlenienia lipidów zależy od wielu czynników, w tym od ich rozmieszczenia w tkance mięśniowej.

Celem pracy było wykazanie, że poszczególne części fileta z pstrąga tęczowego hodowlanego różnią się nie tylko zawartością lipidów, ale również przydatnością technologiczną, której wyróżnikiem mogą być: szybkość i stopień zmian oksydacyjnych lipidów.

Wykazano, że pod względem zawartości tłuszczu część brzuszna fileatów pstrągów tęczowych różniła się statystycznie istotnie od pozostałych badanych części ryb. Wykazano także różnice między częścią brzuszną fileta pstrąga a pozostałymi badanymi częściami fileta, dotyczące: dynamiki przebiegu procesu fotoooksydacji lipidów, katalizowanego promieniami UV, składu kwasów tłuszczowych, a szczególnie ilości kwasu dokozaheksaenowego (DHA). Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic w wyjściowym całkowitym poziomie utlenienia (Totox) lipidów poszczególnych części fileta pstrąga.

Słowa kluczowe: pstrąg, części fileta, rozmieszczenie lipidów, profil kwasów tłuszczowych, utlenienie lipidów

Wprowadzenie

Ryby stanowią źródło wartościowych białek i cennych tłuszczów. Zwłaszcza skład lipidów, a tym samym przydatność technologiczna i wartość żywieniowa, jest zależny m.in. od cyklu biologicznego ryby [13], środowiska bytowania i sposobu hodowli, a także sposobu przetworzenia [2, 3, 7]. Rodzaj i stopień przetworzenia ryby, a także czas i sposób przechowywania w istotny sposób wpływają na jakość lipidów, szczególnie na stopień ich hydrolizy i utlenienia. Lipidy ryb, ze względu na zawartość

Dr inż. G. Bienkiewicz, dr inż. Z. Domiszewski, dr inż. D. Plust, Zakład Towaroznawstwa i Oceny Jakości, dr inż. G. Tokarczyk, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI/3, 71-459 Szczecin

nienasyconych kwasów tłuszczowych, są bardzo podatne na utlenianie, a szczególnie silnie na procesy autooksydacji [3, 7, 8, 20]. Szybkość tych zmian jest również zależna od gatunku ryb, co może wynikać z zupełnie odmiennego profilu kwasów tłuszczowych [5, 14], a także od rozmieszczenia lipidów w ciele ryby i w samej tkance mięśniowej (filecie) [9, 11, 13, 15, 16]. Katikou i wsp. [12] opisują rozmieszczenie lipidów w rybach hodowlanych oraz zależność pomiędzy zawartością lipidów i wody w tkance. Wykazano również zależność pomiędzy ilością i składem lipidów mięśniowych ryb a sposobem chowu, szczególnie rodzajem paszy [11, 20].

W niniejszej pracy założono, że rozmieszczenie lipidów w różnych częściach fileta z pstrąga pochodzącego z hodowli będzie skutkowało różnymi zmianami jakościowymi tych lipidów w trakcie procesów przetwórczych.

Celem pracy było określenie zawartości lipidów w poszczególnych częściach filetów z pstrąga tęczowego oraz ich przydatności technologicznej, warunkowanej szybkością i stopniem zmian oksydacyjnych lipidów. W pracy jako czynnik przyspieszający oksydację lipidów stosowano promienie UV.

Materiał i metody badań

Materiałem do badań były filety pochodzące z 15 sztuk hodowlanego pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*). Wszystkie ryby pochodziły z jednego źródła i stanowiły jednorodny materiał pod względem pochodzenia. Średnia długość pstrągów wynosiła 25 ± 3 cm, a masa 248 ± 24 g. Filety ze skórą uzyskano po obróbce ręcznej ryb. Filety podzielono na część grzbietową (G), środkową (S), brzusznią (B) i ogonową (O) (rys. 1).

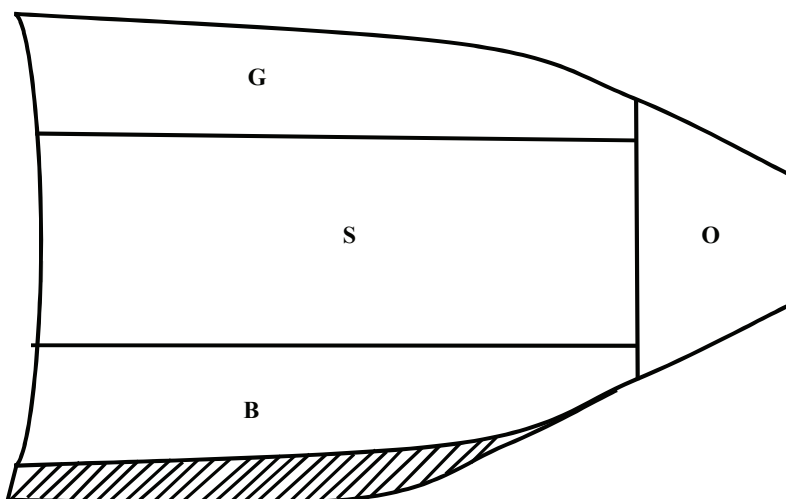
Analizy tkanki mięsnej z poszczególnych części filetów wykonywano oddzielnie.

Lipidy ekstrahowano metodą Bligha i Dyera [6], a zawartość tłuszczu oznaczano grawimetrycznie przez odparowanie rozpuszczalnika. Lipidy wyekstrahowane z poszczególnych części filetów poddawano testowi fotooksydacji, umieszczając ok. 1 g lipidów na szalkach Petriego o średnicy 5 cm i naświetlając je promieniami UV ($\lambda = 320$ nm) przez: 30, 60, 120 i 180 min. Próbę odniesienia stanowiły lipidy niepoddane naświetlaniu.

We wszystkich próbach oznaczano: liczbę kwasową (LK) wg PN-83/A-86741 [19], liczbę nadtlenkową (LN) wg Pietrzyk [17], liczbę anizydynową (LA) wg ISO 6885:1988 [10] oraz wyliczano wskaźnik Totox = $0,26 \cdot LN + LA$ [10].

Profil kwasów tłuszczowych w próbach wyjściowych i po 180 min fotooksydacji oznaczano metodą chromatografii gazowej (GC), przy użyciu chromatografu gazowego Agilent Technology 7890A, USA, sprzężonego z detektorem masowym. Estry metylowe przygotowano, a następnie rozdzielano zgodnie z AOAC [1] w kolumnie kapilarnej o długości 100 m, pokrytej fazą stacjonarną SP2360 firmy Supelco, o średnicy wewnętrznej $0,25 \mu\text{m}$. Gazem nośnym był hel, przepływający z prędkością

10 cm³/min, temp. dozownika i detektora wynosiła 220 °C, a całkowity czas analizy – 45 min. Identyfikacji poszczególnych kwasów tłuszczowych dokonywano poprzez porównanie widm masowych oznaczonych substancji oraz przez porównanie czasów retencji z wzorcami estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) firmy SUPELCO.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

Części fileta / Parts of fillet: G – grzbietowa / dorsal; S – środkowa / central; O – ogonowa / tail; B – brzuszna / ventral.

Rys. 1. Podział fileta z pstrąga tęczowego na części.

Fig. 1. Parts of rainbow trout fillet.

Dodatkowo oznaczano zawartość wody metodą grawimetryczną przez suszenie próbki w temp. 105 °C oraz zawartość białka metoda Kjeldahla wg PN-75/A-04018 [18].

Wyniki przedstawione w tabelach i na rysunkach są wartościami średnimi z trzech równoległych powtórzeń. Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica 5.0. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano za pomocą testu Duncana, na poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Zawartość podstawowych składników w poszczególnych częściach filetów z pstrąga tęczowego przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1

Zawartość podstawowych składników w poszczególnych częściach filetów z pstrąga tęczowego.
Content of basic components in particularized parts of rainbow trout fillet.

| Część fileta Part of fillet | Zawartość [g/100 g] / Content [g/100 g] | | |
|--------------------------------|---|---------------------------|---------------------------|
| | woda / water | białko / protein | tłuszcz / lipids |
| Grzbiet (G) Dorsal | 68,54 ± 2,42 ^a | 22,12 ± 0,44 ^a | 3,85 ± 0,48 ^a |
| Środek (S) Central | 72,08 ± 3,21 ^a | 21,04 ± 0,82 ^a | 4,29 ± 0,86 ^a |
| Ogon (O) Tail | 69,02 ± 1,98 ^a | 23,82 ± 0,08 ^b | 3,12 ± 0,15 ^a |
| Brzuch (B) Ventral | 61,21 ± 0,92 ^b | 17,52 ± 0,22 ^c | 18,43 ± 1,02 ^b |

Objaśnienia: / Explanatory notes:

wartość średnia ± odchylenie standardowe / mean value ± standard deviation; n = 3;

a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie, p = 0,05 / mean values in the columns denoted by the same letters do not differ statistically significantly, p = 0.05.

Stwierdzono istotne różnice pod względem zawartości podstawowych składników pomiędzy brzuskami a pozostałymi częściami filetów.

Największe różnice dotyczyły zawartości białka oraz tłuszczu. Części brzuszne filetów zawierały ponad dwukrotnie więcej tłuszczu niż pozostałe badane części filetów ryb, miały za to znacznie mniej białka i wody. Podobne zależności opisali Katikou i wsp. [12], badając zawartość tłuszczu i wody w poszczególnych częściach fileta z łososia. Dodatkowo wykazali oni zależność liniową pomiędzy zawartością tłuszczu i wody w tkance.

Zwiększona zawartość lipidów w części brzusznej może skutkować zróżnicowaniem pod względem jakościowym w porównaniu z lipidami z pozostałych części filetów. W tab. 2. przedstawiono podstawowe wyróżniki jakości lipidów pochodzących z doświadczalnych części filetów pstrąga tęczowego.

Stwierdzono, że lipidy z części brzusznej (B) filetów z pstrąga tęczowego charakteryzował zbliżony poziom utlenienia, jak lipidy z pozostałych części, z wyjątkiem części środkowej (S). Część środkowa filetów wykazywała prawie dwukrotnie wyższy poziom utlenienia, wyrażony liczbą nadtlenkową (LN). W przypadku lipidów z części środkowej (S) filetów wyższy poziom utlenienia mógł być spowodowany większą zawartością mięśnia ciemnego – bogatego w mioglobinę, która może katalizować pro-

ces oksydacji lipidów [12, 13, 15]. Jednak całkowite utlenienie wyrażone liczbą Totox nie różnicowało statystycznie istotnie wszystkich badanych części filetów.

Tabela 2

Jakość lipidów w poszczególnych częściach filetów z pstrąga tęczowego.
Quality of lipids in particularized parts of rainbow trout fillet.

| Część fileta Part of fillet | LK [mg KOH/100 g tłuszczu] AV [mg KOH/ 100 g lipids] | LN [mg O [*] /100 g tłuszczu] PV [mg O [*] /100 g lipids] | LA AsV | Totox |
|-------------------------------------|---|--|--------------------------|--------------------------|
| Część grzbietowa (G) Dorsal part | 20,21 ± 1,02 ^a | 13,24 ± 0,56 ^a | 4,24 ± 0,12 ^a | 7,68 ± 0,85 ^a |
| Część środkowa (S) Central part | 22,58 ± 0,85 ^a | 22,87 ± 1,02 ^b | 3,98 ± 0,52 ^a | 9,92 ± 1,12 ^a |
| Część ogonowa (O) Tail part | 18,19 ± 0,25 ^b | 11,98 ± 0,54 ^a | 3,48 ± 0,82 ^a | 6,59 ± 0,96 ^a |
| Część brzuszna (B) Ventral part | 25,21 ± 0,22 ^c | 15,08 ± 0,85 ^a | 2,04 ± 1,05 ^a | 5,98 ± 1,41 ^a |

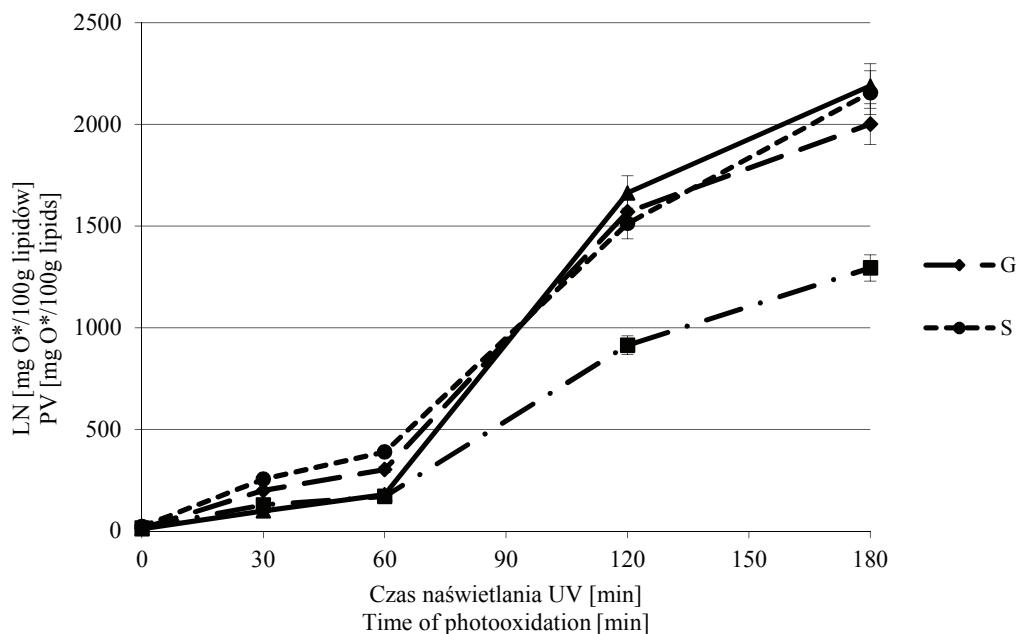
Objaśnienia: / Explanatory notes:

LK – liczba kwasowa / AV – acid value; LN – liczba nadtlenkowa / PV – peroxide value; LA – liczba anizydynowa / AsV – anisidine value;

a, b, c – wartości średnie w kolumnach oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie istotnie, p = 0,05 / mean values in the columns denoted by the same letters do not differ statistically significantly, p = 0.05.

Stopień hydrolizy lipidów, wyrażony LK, części grzbietowej (G) i środkowej (S) był wyrównany. Różnił się on jednak statystycznie istotnie od liczby kwasowej lipidów części brzusznej (B) i ogonowej (O). Najwyższa wartość liczby kwasowej części brzusznej filetów pstrąga, wynosząca 25,21 mg KOH/100 g tłuszczu, wynikała prawdopodobnie z innego składu lipidów, których główną część stanowiły acyloglicerole i wolne kwasy tłuszczowe.

Kolejnym etapem badań, mających wykazać ewentualne różnice w jakości lipidów poszczególnych części filetów, był test fotooksydacji. Proces utlenienia lipidów katalizowano promieniami UV w celu przyspieszenia reakcji autooksydacji. Lipidy poszczególnych partii naświetlano przez 30, 60, 120 i 180 min. Wyniki testu przedstawiono na rys. 2.



Objaśnienia jak pod rys. 1 / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 2. Wpływ naświetlania lipidów z poszczególnych części filetów na zmiany LN.

Fig. 2. Effect of lipid photo-oxidation contained in particularized fillet parts on changes in PV.

Wyjściowy poziom utlenienia wszystkich części filetów z pstrąga tęczowego był wyrównany, z wyjątkiem części środkowej (S), zawierającej mięsień ciemny. Do 60. min naświetlania proces przebiegał bardzo podobnie, a poziom utlenienia zwiększał się nieznacznie, jak na warunki oksydacji katalizowanej promieniami UV. W tym czasie następowało inicjowanie procesów rodnikowych zgodnie z teorią autooksydacji [4, 21].

Po 60 min naświetlania nastąpił gwałtowny wzrost poziomu utlenienia lipidów. Stwierdzono jednak, że lipidy części brzusznej (B) charakteryzowały się znacznie niższym poziomem utlenienia w porównaniu z pozostałymi badanymi częściami filetów. Po 180 min testu fotooksydacji wartość liczby nadtlenkowej części brzusznej (B) wynosiła 1300 mg O^{*}/100 g lipidów, a ta sama wartość dla pozostałych części była niemal dwukrotnie wyższa. Na niższy poziom utlenienia, jak i mniej dynamiczny przebieg procesu, wpływ mogła mieć większa zawartość witaminy D i tokoferoli – związków będących naturalnymi przeciwutleniaczami, a obecnych w tłuszczu części brzusznej ryb. Stanowi on w dużej mierze tłuszcz zapasowy ryby i w składzie zawiera więcej tokoferoli, które znacznie szybciej i łatwiej odkładają się, gdy są dostarczane z paszą [22].

Z równań trendu, obrazujących dynamikę procesu utlenienia, wynika, że najniższą dynamikę miały lipidy części brzusznej B – współczynnik (a) równania prostej wynosił 7,66 (tab. 3). Współczynniki korelacji (r) były bardzo wysokie w przypadku wszystkich badanych części (tab. 3).

Tabela 3

Równania opisujące dynamikę procesu utlenienia badanych części filetów z pstrąga tęczowego.
Equations to describe the dynamics of oxidation process in rainbow trout fillet parts studied.

| Część fileta Part of fillet | Równanie trendu Trend equation | R |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|
| Część grzbietowa (G) Dorsal part | $y = 13,61x - 233,5$ | 0,983 |
| Część środkowa (S) Central part | $y = 12,16x - 131,8$ | 0,963 |
| Część ogonowa (O) Tail part | $y = 12,57x - 113,4$ | 0,928 |
| Część brzuszna (B) Ventral part | $y = 7,659x - 93,13$ | 0,954 |

Objaśnienia: / Explanatory notes:

y – wartość liczby nadtlenkowej / Peroxide Value; x – czas fotoksydacji / photo-oxidation time

W dalszym etapie badań dokonano analizy profilu kwasów tłuszczowych lipidów wyekstrahowanych z poszczególnych części filetów pstrąga tęczowego. Ocenie poddano lipidy świeże i po 180 min fotooksydacji (tab. 4).

Szczególną uwagę zwrócono na wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA), a zwłaszcza na długołańcuchowe kwasy tłuszczowe n-3 LC n-3 PUFA, jak EPA i DHA. Ogólna zawartość PUFA wynosiła od 21,45 g/100 g lipidów w części środkowej filetów do 36,12 g/100 g lipidów w części ogonowej. Podobne zależności dotyczyły kwasu DHA. Zawartość kwasów polienowych korelowała z wyrównanym poziomem utlenienia wyekstrahowanych lipidów. Zależność utlenienia lipidów od zawartości PUFA wykazywano we wcześniejszych publikacjach i to nie tylko w odniesieniu do lipidów ryb [4, 13, 22].

Odmienne przebieg procesu fotooksydacji lipidów z części brzusznej (B) filetów w porównaniu z pozostałymi, a szczególnie z lipidami z części grzbietowej (G) i ogonowej (O), przeanalizowano na podstawie składu kwasów tłuszczowych. Lipidy części brzusznej (B) zawierały o około 20 % mniej PUFA, a szczególnie kwasu DHA, który jest uznawany za najbardziej reaktywny w procesie autoooksydacji [9, 15, 16]. Tym

samym proces autooksydacji tych lipidów katalizowany promieniami UV zachodził w mniejszym stopniu i mniej dynamicznie. Różnice w udziale tych kwasów, w zależności od analizowanych części filetów, związane są z ich rozmieszczeniem w strukturze tkanki. Jak podają Kołakowska i wsp. [13], kwasy LC PUFA występują w większej ilości w fosfolipidach, a te z kolei stanowią większy udział w stosunku do ogółu lipidów w rybach chudych [5] i tkankach o mniejszej zawartości tłuszczu.

Tabela 4

Profil kwasów tłuszczowych poszczególnych części filetów przed i po 180 min fotooksydacji.
Profile of fatty acids in particularized parts of filets prior to and 180 minutes after photo-oxidation.

| Kwas tłuszczowy Fatty acid | B | | G | | O | | S | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 180 | 0 | 180 | 0 | 180 | 0 | 180 |
| C14:0 | 3,56 | 4,15 | 3,64 | 4,16 | 4,30 | 4,12 | 2,33 | 2,80 |
| C16:0 | 13,88 | 16,61 | 16,10 | 19,74 | 17,49 | 19,85 | 10,72 | 11,89 |
| C16:1 | 4,98 | 5,69 | 5,45 | 5,71 | 6,02 | 5,12 | 3,50 | 3,96 |
| C18:0 | 2,97 | 3,32 | 3,64 | 3,90 | 3,73 | 3,85 | 2,10 | 2,33 |
| C18:1 | 21,95 | 26,33 | 25,71 | 28,05 | 24,94 | 26,14 | 15,15 | 19,81 |
| C18:2 n-6 | 9,73 | 9,61 | 11,17 | 11,17 | 10,89 | 12,02 | 6,76 | 6,76 |
| C18:3 n-3 | 1,19 | 1,07 | 1,30 | 1,56 | 1,43 | 1,44 | 0,70 | 0,70 |
| C 20:1 | 2,02 | 1,90 | 2,34 | 2,60 | 2,29 | 2,54 | 1,40 | 1,40 |
| C 18:4 n-3 | 0,95 | 0,71 | 1,04 | 0,78 | 1,15 | 0,41 | 0,70 | 0,47 |
| C 22:1 | 0,83 | 0,71 | 1,04 | 2,34 | 1,15 | 1,23 | 0,47 | 0,70 |
| C 20:4 n-6 | 0,59 | 0,36 | 0,78 | 0,52 | 0,86 | 0,55 | 0,47 | 0,23 |
| C 22:4 n-3 | 0,71 | 0,47 | 0,78 | 0,26 | 0,86 | 0,26 | 0,47 | 0,23 |
| C 20:5 n-3 (EPA) | 5,46 | 3,80 | 6,23 | 4,16 | 6,31 | 4,19 | 3,26 | 2,33 |
| C 22:5 n-3 | 1,66 | 0,83 | 1,82 | 1,04 | 1,72 | 1,19 | 0,93 | 0,47 |
| C22:6 n-3 (DHA) | 10,44 | 5,69 | 12,73 | 8,05 | 12,90 | 9,14 | 8,16 | 3,03 |
| Σ SFA | 20,40 | 24,08 | 23,38 | 27,79 | 25,52 | 27,82 | 15,15 | 17,02 |
| Σ MUFA | 29,77 | 34,64 | 34,55 | 38,70 | 34,40 | 35,03 | 20,51 | 25,87 |
| Σ PUFA | 30,72 | 19,12 | 35,84 | 27,53 | 36,12 | 29,20 | 21,45 | 14,22 |
| n-6 | 10,32 | 9,96 | 11,95 | 11,69 | 11,75 | 12,57 | 7,23 | 6,99 |
| n-3 | 20,40 | 9,16 | 23,90 | 15,84 | 24,37 | 16,63 | 14,22 | 7,23 |

Objaśnienia: / Explanatory notes:

0, 180 – czas fotooksydacji [min] / time of photo-oxidation [min];

* błąd względny nie przekraczał 5 % pomiędzy powtórzeniami / relative error did not exceed 5 % between repetitions

W wyniku 180 min naświetlania lipidów dochodziło do dużych strat kwasów PUFA, a szczególnie kwasu DHA. W przypadku lipidów części brzusznej (B) filetów straty sięgały prawie 50 %, a w części grzbietowej (G) i ogonowej (O) straty te wyno-

siły około 30 %. Porównując straty kwasu DHA w obrębie wszystkich badanych partii filetów, spowodowane procesem fotooksydacji, stwierdzono, że były one porównywalne i wynosiły około 4 g/100 g lipidów.

Wnioski

1. Zawartość tłuszczu w częściach: ogonowej, środkowej i grzbietowej filetów z pstrąga tęczowego była wyrównana. W części brzusznej badanych filetów oznaczono znacznie większą i różniącą się statystycznie istotnie zawartość tłuszczu w porównaniu z pozostałymi badanymi częściami filetów.
2. Początkowy całkowity poziom utlenienia lipidów (Totox) wszystkich badanych części nie różnił się istotnie.
3. Proces autooksydacji lipidów części brzusznej filetów z pstrąga tęczowego, katalizowany promieniami UV przez 180 min, przebiegał mniej dynamicznie, a poziomy utlenienia wyrażone liczbą nadtlenkową były zdecydowanie niższe w porównaniu z lipidami pozostałych badanych części.
4. Pomimo znacznie większej zawartości tłuszczu w płatach brzusznych filetów z pstrąga tęczowego proces oksydacji nie był większy niż w pozostałych częściach filetów, co nie ogranicza zastosowania tej części fileta do przechowywania.
5. Profil kwasów tłuszczowych lipidów części brzusznej z filetów pstrąga tęczowego różnił się znacząco od pozostałych, szczególnie mniejszą zawartością kwasu DHA.
6. Proces fotooksydacji trwający 180 min powodował bardzo wyraźne zmniejszenie zawartości kwasów PUFA.

Literatura

- [1] AOAC, Fatty Acids in Encapsulated Fish Oils and Fish Oil Methyl and Ethyl Esters. Gas Chromatographic Method 991.39, AOAC, Editor. 1984.
- [2] Al-Saghir S., Thurner K., Wagner K.-H., Frisch G., Luf W.: Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). J. Agric. Food Chem., 2004, **52**, 5290-5296.
- [3] Asdari R., Aliyu-Paiko M., Hashim R., Ramachandran S.: Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty acid composition. Aquacult. Nutr., 2011, **17**, 44-53.
- [4] Bartosz G., Kołakowska A.: Lipid oxidation in food systems. In: Chemical, biological, and functional aspects of food lipids. Eds. Z. Sikorski, A. Kołakowska. CRC Press, New York, USA, 2010, pp. 163-184.
- [5] Bienkiewicz G., Domiszewski Z.: Zawartość długołańcuchowych nienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 (LC n-3 PUFA) w wybranych gatunkach ryb. Magazyn Przemysłu Rybnego, 2008, **2** (62), 45-46.
- [6] Bligh E.G., Dyer W.J.: A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 1959, **37**, 911-917.

- [7] Candela M., Astiasaran I., Bello J.: Effects of frying and warm-holding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadus morhua*) and hake (*Merluccius merluccius*). Food Chem., 1997, **58**, 227-231.
- [8] Eymard S., Baron C.P., Jacobsen C.: Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces during processing and storage. Food Chem., 2009, **114**, 57-65.
- [9] Haous W., Zayene N., Guerbej H., Hammami M.: Fatty acids distribution in different tissues of wild and reared *Seriola dumerili*. Int. J. Food Sci. Technol., 2010, **45** (7), 1478-1485.
- [10] ISO 6885:1988. Animal and vegetable fats and oils – Determination of anisidine value.
- [11] Jankowska B., Zakęś Z., Żmijewski T., Ulikowski D., Kowalska A.: Fatty acid profile in dorsal and central sections of filets from european catfish (*Silurus glanis L.*) fed various feed. Arch. Pol. Fish., 2005, **13** (1), 17, 29.
- [12] Katikou P., Hughes S.I., Robb D.H.F.: Lipid distribution within Atlantic salmon (*Salmo salar*) filets. Aquaculture. 2001, **202** (1-2), 89-99.
- [13] Kołakowska A., Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G.: Effects of biological and technological factors on the utility of fish as a source of n-3 PUFA. In: Omega-3 fatty acid research. Ed. M.C. Teale. Nova Science Publ. New York, USA, 2006, pp.83-107.
- [14] Marciniak-Lukasiak K.: Rola i znaczenie kwasów omega-3. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, **6** (79), 24-35.
- [15] Marit A., Bente B., Jose R.: Lipid distribution and composition of commercially farmed atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Sci. Food Agric. 1994, **64** (2), 239-248.
- [16] Palmeri G., Turchini G., De Silva S.: Lipid characterisation and distribution in the fillet of the farmed Australian native fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). Food Chem., 2007, **102** (3), 796-807.
- [17] Pietrzyk C.: Kolorymetryczne oznaczanie nadtlenu w tłuszczach za pomocą rodanków żelaza. Roczn. PZH, 1958, 75-84.
- [18] PN-75/A-04018. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- [19] PN-83/A-86741. Przetwory rybne. Oznaczanie liczby kwasowej zalewy olejowej.
- [20] Puchała R., Pilarczyk M.: Wpływ żywienia na skład chemiczny karpia. Inżynieria Rolnicza, 2007, **5** (93), 363-368.
- [21] Wąsowicz E., Gramza A., Hęś M., Jeleń H.H., Korczak J., Małecka M., Mildner-Szkudlarz S., Rudzińska M., Samotyja U., Zawirska-Wojtasiak R.: Oxidation of lipids in food. Pol. J. Food Nutr. Sci., 2004, **13**, 87-100.
- [22] Zuta P.C., Simpson B.K., Zhao X., Leclerc L.: The effect of a-tocopherol on the oxidation of mackerel oil. Food Chem., 2007, **100**, 800-807.

DISTRIBUTION OF LIPIDS AND OXIDATIVE CHANGES THEREIN IN PARTICULARIZED PARTS OF RAINBOW TROUT FILLETS

Summary

Owing to their nature, fish lipids are highly susceptible to oxidation, especially to auto-oxidative processes. The degree of oxidation depends on many factors including the distribution of lipids in a muscle tissue.

The objective of this study was to prove that various parts of farmed rainbow trout fillet differ not only in the content of lipids, but, also, in their technological usefulness, which may be characterized by the rate and extent of oxidative changes in lipids.

It was evidenced that, as regards the fat content, the ventral part of rainbow trout fillet differed significantly from the other fish parts analyzed. Also, the differences were proved to exist between this ventral part of the trout fillet and the other fillet parts; those differences referred to: the dynamics of UV rays-catalyzed photo-oxidation of lipids, the composition of fatty acids, in particular the amount of docosahexaenoic acid (DHA). On the other hand, no statistically significant differences were reported in the initial total oxidation value (Totox) of lipids contained in the particularized parts of the rainbow trout fillet.

Key words: trout, parts of trout fillets, distribution of lipids, profile of fatty acids, lipid oxidation ☒