

NIECH ŻYWNOSĆ STANIE SIĘ LEKARSTWEM — CZY MIĘSO KARPIA MA SZANSĘ STAĆ SIĘ ŻYWNOSCIĄ FUNKCJONALNĄ DLA OSÓB CHORYCH NA CHOROBY UKŁADU KRĄŻENIA?

Agnieszka Nieradko¹⁾, Barbara Nieradko-Iwanicka²⁾

¹⁾Wydział Nauk Medycznych, Katedra Języków Obcych, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

²⁾Wydział Nauk Medycznych, Katedra Higieny i Epidemiologii Uniwersytetu Medycznego w Lublinie

STRESZCZENIE

Spożycie ryb wiąże się z niższym ryzykiem śmiertelności z powodu chorób układu krążenia. Korzyści zdrowotne wynikające ze spożycia ryb przypisuje się wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 (PUFA), zwłaszcza kwasu eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego. Badania na zwierzętach i ludziach wykazały, że PUFA n-3 poprawiają funkcję prawidłowego i uszkodzonego śródbłonka. Zaleca się spożywanie dwóch porcji ryb tygodniowo. Celem przeglądu było znalezienie publikacji na temat wartości odżywczej mięsa karpia i możliwości jego wykorzystania jako żywności funkcjonalnej dla pacjentów z chorobami układu krążenia.

W czerwcu 2022 r. przeprowadzono wyszukiwanie oryginalnych, pełnych tekstów dostępnych w otwartym dostępie w bazach PubMed, Google Scholar, Medline Complete. Łącznie znaleziono 490 wyników. Ostatecznie do systematycznego przeglądu włączono 22 artykuły. Spożycie karpia poprawia profil lipidowy osocza, dlatego można go uznać za żywność funkcjonalną. Mięso karpia jest również bogate w niezbędne aminokwasy. O zawartości PUFA i białka w mięsie decydują systemy hodowli karpia. Karpia można przyrządzać w formie tradycyjnych dań lub dodawać do innych potraw proszek karpiowy, aby wzbogacić ich wartości odżywcze. Zalecaną metodą przygotowania mięsa karpia w celu zachowania jego wartości odżywczych jest pieczenie w piekarniku. Mięso karpia lub proszek z karpia można stosować jako żywność funkcjonalną dla pacjentów z chorobami układu krążenia.

Słowa kluczowe: mięso karpia; żywność funkcjonalna; Wartość odżywcza; wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2023 Vol. 83 Issue 2 pp. 31 – 44

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2023-0010

Strony: 14, rysunki: 0, tabele: 0

page **www of the periodical:** www.phr.net.pl

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: przeglądowy

Termin nadesłania: 17.03.2023 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 14.04.2023 r.



WSTĘP

Spożycie ryb wiąże się z niższym ryzykiem śmiertelności z powodu chorób układu krążenia [1]. Korzyści zdrowotne wynikające ze spożycia ryb przypisuje się wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3 (n-3 PUFA), zwłaszcza eikozapentaenowego (EPA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA). Badania na zwierzętach i ludziach wykazały, że PUFA n-3 poprawiają funkcję prawidłowego i uszkodzonego śródbłonna, ponieważ zwiększają dostępność tlenu azotu i szlaki metaboliczne oksygenaz cytochromu P450. Tlenek azotu powoduje rozszerzenie naczyń i obniżenie ciśnienia krwi. Co więcej, właściwości przeciwutleniające, przeciwzapalne i przeciwzakrzepowe PUFA n-3 LC stabilizują właściwości elektrofizjologiczne kardiomiocytów [1,2]. Eksperti ds. żywienia i zdrowia publicznego zalecają dwie porcje ryb tygodniowo w ramach zdrowej, zbilansowanej diety [2]. Zalecane dzienne spożycie EPA + DHA dla osób dorosłych wynosi 250mg/dzień [3]. Pomimo zaleceń spożycie ryb w Europie Środkowej pozostaje bardzo niskie, m.in. w Czechach wynosi ona zaledwie 5,5 kg ryb i przetworów rybnych na mieszkańca rocznie [4]. W Serbii karp pospolity jest rybą najczęściej sprzedawaną na rynku i stanowi tam ponad 80% krajowej akwakultury [5].

Kraje śródlądowe (wiele z nich bez tradycji jedzenia ryb) nie spełniają zaleceń dotyczących spożycia ryb ani kwasów tłuszczowych n-3 PUFA [6]. W porównaniu z rybami morskimi, ryby słodkowodne, które zwykle zawierają niższą zawartość PUFA n-3, są często pomijane jako ich źródło. Przewagą karpia w porównaniu do ryb morskich jest wysoka zawartość selenu i niska zawartość rtęci w mięsie. Selen jako składnik enzymów redoks i cytochromu bierze udział w procesach metabolicznych komórki. Wchodzi w skład peroksydazy glutationowej, czyli enzymu chroniącego błony komórkowe przed uszkodzeniem przez wolne rodniki. Zalecane dzienne spożycie selenu wynosi 45 µg dla kobiet i 55 µg dla mężczyzn. Selen w naszej diecie pochodzi z podrobów i ryb. Niedobór selenu może być przyczyną endemicznej w Chinach kardiomiopatii młodzieńczej (choroba Keshan) i dystrofii chrząstki stawowej (choroba Kashin-Back) [3].

Według Morskiego Instytutu Rybackiego Państwowego Instytutu Badawczego w Gdyni 100 g mięsa karpia zawiera średnio 214 mg wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3, pstrąg 1804, a dziki łosoś 3800 mg [7]. Jedna porcja mięsa karpia (220g) pokrywa dzienne zapotrzebowanie osoby dorosłej na białko i witaminy rozpuszczalne w tłuszczach.

W większości badań analizowano ryby morskie lub olej rybny. Dostępnych jest niewiele artykułów związanych z rybami słodkowodnymi i zdrowiem układu krążenia. Karp pospolity (*Cyprinus carpio L.*) jest jednym z najczęściej hodowanych gatunków słodkowodnych. Ryby hodowane są w stawach o kontrolowanej czystości, które nie pochłaniają szkodliwych substancji. W Europie Środkowej przechowywany jest od ponad tysiąca lat. Można go uznać za dobre alternatywne źródło białka i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3. Roczna produkcja karpia w Unii Europejskiej wynosi ponad 70 ton, co stanowi 5% całej europejskiej produkcji akwakultury. Produkowany jest w 15 krajach. Prawie 97% produkcji karpia pospolitego pochodzi z Polski, Czech, Niemiec i Węgier [8]. W 2017 roku produkcja karpia w Polsce wyniosła 17,5 tys. ton. Polska importuje karpie z Czech, Węgier, Litwy i Chorwacji. Karp importowany stanowi 25% karpia dostępnego na rynku.

Okres hodowli karpia w Europie wynosi 3 lata. Dla porównania, w Azji produkuje się rocznie ponad 4 miliony ton karpia. Chów odbywa się najczęściej w stawach lub klatkach, a warunki klimatyczne pozwalają na produkcję ryb handlowych już po 9-12 miesiącach.

Najlepszy zakres dla przeżycia i wzrostu karpia to pH 7,5-8,0 [9]. W pierwszym roku hodowli karpia pospolitego pokarm naturalny (drobne stworzenia wodne) stanowi 60-100%. Do 30% diety karpia w drugim i trzecim roku hodowli stanowi pokarm naturalny. Naturalny pokarm zwiększa wzrost o 100-400 kg karpia na hektar stawu. Przy obfitości naturalnego pożywienia i karmieniu karpia „sztucznym” pokarmem, przyrosty wynoszą 1000-1500 kg na hektar stawu [10]. Prowadzona jest również hodowla półekstensywna. Polega na karmieniu ryb paszą naturalną, bez dokarmiania. Technologia niskointensywnej hodowli karpia oznacza, że oprócz naturalnego pożywienia ryby w okresie letniego intensywnego żerowania otrzymują także zboża. Pokarmem zbożowym są nasiona roślin lądowych: łubin biały, łubin niebieski, łubin żółty, bobik, bobik, groch, soja, wyka, len, rzepak, pszenica, żyto, jęczmień, owies, gryka, proso, kukurydza, sorgo, otręby pszenne, żytnie i jęczmień. Zawartość paszy naturalnej sięga 50%. Taki system hodowli stosowany jest w 95-98% gospodarstw rybnych w Polsce, Czechach, na Węgrzech i w Niemczech [8].

Wysoce intensywna hodowla karpia prowadzona jest w ciepłej wodzie chłodzącej z elektrowni. Ryby trzymane są w ciepłych stawach w dużym zagęszczeniu. Pasza jest granulatem wysokobiałkowym z minimalną zawartością paszy naturalnej [8].

Coraz częściej sprzedaje się przetworzone karpie w opakowaniach z modyfikowaną atmosferą. Spada natomiast sprzedaż żywego karpia. Ekologiczna produkcja tego gatunku ryb pozwala na ugruntowanie pozycji marki karpia jako żywności zdrowej, a może nawet funkcjonalnej. „Niech żywność stanie się lekarstwem” – mówił Hipokrates. Współcześnie takie życzenie staje się celem ze względu na fakt, że choroby układu krążenia są chorobami cywilizacyjnymi i społecznymi oraz najczęstszą przyczyną zgonów, a ich leczenie wiąże się z wysokimi kosztami [11]. PUFA nie mogą być syntetyzowane w organizmie człowieka, dlatego też PUFA omega 3 i omega 6 muszą być dostarczane z pożywieniem w postaci niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych.

Pierwsza definicja żywności funkcjonalnej powstała w 1991 roku w Japonii w wyniku działań w ramach programu „Żywność o określonym przeznaczeniu zdrowotnym” (FOSHU). Początkowo żywność funkcjonalna uważana była za zdrowy składnik diety. Wykluczono suplementy diety [12]. Według Komisji Europejskiej (Functional Food Science in Europe FUFOS) żywność funkcjonalna to żywność, która ma naukowo udowodniony korzystny wpływ na jedną lub więcej funkcji organizmu, wykraczający poza podstawowe efekty odżywcze, a jej stosowanie poprawia zdrowie i samopoczucie lub zmniejsza ryzyko choroby. Jest to żywność spożywana w ramach konwencjonalnej diety i nie jest „zamknięta” w żadnej znanej postaci leku lub suplementu (tabletki, pigułki, kapsułki). W 2014 roku Centrum Żywności Funkcjonalnej (FFC) wprowadziło ulepszoną wersję znanej definicji, traktując żywność funkcjonalną jako: „żywność naturalna lub przetworzona, zawierająca znane lub nieznanne związki biologicznie aktywne, które w określonych, skutecznych, nietoksycznych ilościach zapewniają klinicznie udowodnione i udokumentowane korzyści zdrowotne w profilaktyce lub leczeniu chorób

przewlekłych.” [13].

Po raz pierwszy zauważono, że żywność funkcjonalna może być zarówno naturalna, jak i przetworzona, a związki bioaktywne uznawane za źródło funkcjonalności to na ogół metabolity wtórne, które synergistycznie poprawiają samopoczucie organizmu. W USA nie ma formalnej definicji żywności funkcjonalnej. Często używają określeń nutraceutyki, żywności medyczna czy suplementy diety, które nie spełniają przepisów europejskich czy japońskich. Dlatego też żywność funkcjonalna podlega takim samym regulacjom, jak inne produkty spożywcze na rynku amerykańskim. W praktyce przyjmuje się, że żywnością funkcjonalną może być zarówno żywność naturalna, jak i żywność, do której dodano lub usunięto składnik prozdrowotny, ze względu na szczególne względy zdrowotne. Są to produkty, których skład został zmodyfikowany technologicznie lub chemicznie, przy czym mogła również ulec zmianie biodostępność substancji czynnej. Warto zatem zaznaczyć, że żywność funkcjonalna jest jednym z elementów zdrowego stylu życia i stanowi doskonałe przejście pomiędzy klasyczną żywnością a lekami [14]. Główną zaletą żywności funkcjonalnej, a zarazem wyzwaniem dla jej twórców, jest możliwość jej wykorzystania w ściśle określonych przypadkach. Profilaktyka i łagodzenie objawów chorób cywilizacyjnych jest obecnie najbardziej pożądana. Stąd ilość badań dotyczących wpływu żywności funkcjonalnej na konkretne jednostki chorobowe, m.in. chorobę Alzheimera i chorobę Parkinsona [15,16] choroby układu krążenia [17,18], chorób nowotworowych [19], astmy [20], cukrzycy [21], oraz otyłości [22].

Celem pracy było odnalezienie najnowszych publikacji na temat wartości odżywczej mięsa karpia w zależności od diety zwierząt stosowanej w hodowli, sposobach przechowywania i obróbki kulinarnej oraz możliwości jego wykorzystania jako żywności funkcjonalnej.

METODY

W czerwcu 2022 r. przeprowadzono wyszukiwanie oryginalnych, pełnych tekstów w otwartym dostępie sin PubMed, Google Scholar, Medline Complete. Bazy przeszukiwano pod hasłami: „jakość mięsa karpia i żywność funkcjonalna”, „wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 w karpniu” i „wartość odżywcza mięsa karpia” opublikowane w latach 2005–2021. Łącznie znaleziono 490 wyników. Sprawdzono 40 nieduplikujących się cytatów. Następnie po przeczytaniu streszczeń wykluczono 18 artykułów. Następnie pobrano 22 artykuły. Ostatecznie do systematycznego przeglądu włączono 22 artykuły.

WYNIKI I DISKUSJA

Czescy naukowcy wykazali, że dieta wzbogacona w 400 g mięsa karpia tygodniowo poprawiła poziom lipidów w osoczu u pacjentów po bajpasie aortalno-wieńcowym [23]. Naukowcy porównali dwie metody hodowli karpia: z wykorzystaniem opatentowanej technologii stawowej hodowli karpia o zwiększonej zawartości kwasów tłuszczowych n-3 w porównaniu z karpniem z tradycyjnej hodowli stawowej, stosującym dokarmianie zbożami. W mięsie karpia omega-3 stwierdzono istotnie większą ilość PUFA i długołańcuchowych PUFA n-3, podczas gdy mięso karpia karmionego zbożem zawierało większą ilość MUFA – głównie kwasu oleinowego. Ponadto karp omega-3 miał pięciokrotnie wyższą zawartość korzystnych EPA+DHA niż karp „zbożowy” (53 vs. 262 mg EPA+DHA na 100 g filetu) [23].

Bušová i in. porównali zawartość lipidów, białka, wody i popiołu u karpia pospolitego i pstrąga tęczowego. Zawartość MUFA i PUFA nie różniła się istotnie w próbkach mięsa pstrąga i karpia [24].

Skibniewska analizowała zawartość białka w karpniach z hodowli niskointensywnej, półintensywnej i wysokointensywnej, która wynosiła 17-19% i była zbliżona do pozostałych ryb świeżych. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami żywionymi paszami naturalnymi i sztucznymi oraz mieszanymi. Całkowita zawartość aminokwasów egzogennych: histydyny, treoniny, lizyny, leucyny, izoleucyny, fenyloalaniny, metioniny i waliny wyniosła 43,8 g/100 g białka karpia i jest wyższa od wartości dla białka standardowego (26,5 g/100 g białka). W mięsie karpia pochodzącego z produkcji intensywnej odnotowano nieco wyższą zawartość histydyny i argininy [8].

El-Beltagi i in. porównali dwa dodatki do pizzy: suszony proszek z karpia i mąkę z ciecierzycy. Suszony proszek z karpia znacząco zwiększył zawartość białka, tłuszczu i cynku w pizzy. Co ciekawe, ciecierzycy i suszony karp (do 7,50%) nie wpływały na żadne parametry sensoryczne pizzy poza zapachem [25].

Mahboob i in. opublikowali raport z oceny jakości mięsa karpia po 6 tygodniach przechowywania w temperaturze -21°C lub 4°C w porównaniu z rybą świeżą. Po przechowywaniu stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości białka surowego i lipidów. W rybach przechowywanych w temperaturze -21°C zawartość wody znacznie spadła, ale jakość ryb przechowywanych w temperaturze 4°C pogarszała się szybciej niż w temperaturze -21°C [26].

Hussain i in. przeanalizowali wpływ degradacji siedlisk na najbliższy skład i profil aminokwasowy karpia indyjskiego z różnych siedlisk. Naukowcy porównali *Catla catla*, *Labeo rohita* i *Cirrhinus mrigala* zebrane z obszarów zanieczyszczonych i niezanieczyszczonych z karpniem z komercyjnej hodowli ryb. Ustalili, że ryby z obszarów zanieczyszczonych wykazywały istotnie wyższą zawartość lipidów i niższą zawartość białka. Największą zawartość wilgoci stwierdzono u ryb hodowlanych [27].

Ljubojević i in. przetestowali cztery diety zawierające karpia: wysokobiałkową w oleju rzepakowym (ROHP) i wysokobiałkową w oleju rybnym (FOHP); olej rzepakowy o niskiej zawartości białka (ROLP) i olej rybny o niskiej zawartości białka (FOLP) przez 75 dni. U ryb otrzymujących dietę niskobiałkową zaobserwowano wzmocniony efekt oszczędzania białka. Jednocześnie w mięsie karpia zaobserwowano znaczną kumulację lipidów. Naukowcy wykazali, że diety uzupełnione olejem rzepakowym można z powodzeniem stosować w hodowli karpia pospolitego w kłatkach [28].

W badaniu Sobczaka i in. zbadano paszę wzbogaconą w n-3 PUFA (mączka *Schizochytrium* sp. lub olej z łososia) dla karpia. Mięso karpia po zastosowaniu paszy doświadczalnej zawierało mniej białka i więcej tłuszczu surowego oraz posiadało większe włókna mięśniowe w porównaniu z grupą kontrolną. Zawierała więcej PUFA, n-3 PUFA, ogółem EPA i DHA, a zaobserwowano mniejszy udział całkowitego MUFA w porównaniu z rybami kontrolnymi. Autorzy doszli do wniosku, że mączka z *Schizochytrium* sp. jako źródło EPA i DHA dała znacznie lepsze rezultaty niż olej z łososia [29].

Trbović i in. zbadali wpływ dwóch pasz: kukurydzy i ekstrudowanej na skład przybliżony i kwasów tłuszczowych w mięsie karpia. Stwierdzono, że zawartość białka, lipidów i popiołu była istotnie wyższa w grupie pasz ekstrudowanych w porównaniu z kukurydzą. Jednakże całkowita zawartość lipidów była istotnie wyższa u karpia żywionego kukurydzą. Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w karpkach żywionych kukurydzą była niższa w porównaniu do karpia żywionego paszą ekstrudowaną. Zawartość MUFA w kukurydzy karmionej karpkami wyniosła 61,83% i była istotnie wyższa niż w ekstrudowanej paszy karpkowej (41,95%). Zawartość PUFA w karpkach żywionych kukurydzą wyniosła 13,66% i była niższa niż w karpkach żywionych paszą ekstrudowaną (30,91%) [5].

Naukowcy dążą do opatentowania receptur, które umożliwiłyby maksymalny przyrost masy ciała, wysoką zawartość długołańcuchowych PUFA n-3 i białka w mięsie karpia. Montenegro i in. publikują raport na ten temat. Przeprowadzono 120-dniową próbę karmienia w celu określenia wpływu opatentowanego żywienia zawierającego *Medicago sativa* na wzrost i skład chemiczny, zawartość kwasów tłuszczowych oraz wskaźniki odżywcze i lipidowe mięsa w porównaniu ze zwykłą paszą zbożową. Zawartość białka w mięsie karpia była istotnie większa w grupie karmionej *Medicago sativa*, natomiast zawartość lipidów i cholesterolu była istotnie większa w grupie otrzymującej dietę zbożową. Ich wyniki pokazują, że żywienie *Medicago sativa* ogranicza wzrost karpia, ale poprawia jakość mięsa poprzez zwiększenie zawartości białka, EPA i DHA. Obniża zawartość cholesterolu i poprawia wskaźniki odżywcze mięsa karpia [30].

Ryby zależą od dietetycznych kwasów tłuszczowych (FA). FA wspierają ich kondycję fizjologiczną i zdrowie. Böhm i in. zbadali wpływ diety na skład polarnych i obojętnych lipidów FA (odpowiednio PLFA i NLFA) w ośmiu różnych tkankach (mięsień grzbietowy i brzuszny, serce, nerki, jelita, oczy, wątroba i tkanka tłuszczowa) karpia pospolitego. Dwuletnie karpie żywiono trzema źródłami diety (zooplankton, zooplankton oraz pasza uzupełniająca zawierająca olej roślinny lub olej rybny) o różnym składzie FA. Po 210 dniach żywienia różnymi dietami odpowiedź PLFA i NLFA była wyraźnie tkankowo specyficzna. PLFA były na ogół bogate w wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 i tylko w niewielkim stopniu wpływały one na zawartość FA w diecie, podczas gdy skład NLFA silnie odzwierciedlał profile FA w diecie. Jednakże skład NLFA w tkankach karpia różnił się znacznie przy niskich stosunkach masowych NLFA, co sugeruje, że karp jest w stanie regulować skład NLFA, a tym samym jakość FA w swoich tkankach, gdy zawartość NLFA jest niska. Z badań wynika, że NLFA kumulują się w tkankach mięśniowych, co wskazuje, że pasze o wyższej jakości odżywczej są selektywnie alokowane do tkanek i dzięki temu dostępne do spożycia przez ludzi [31].

Zajic i in. badali wpływ okresu oczyszczania karpia trwającego do 70 dni na zawartość lipidów i jakość jego mięsa. Czyszczenie jest bardzo ważną częścią procesu hodowli karpia pospolitego i odbywa się w okresie od października do grudnia. Ryby trzymane są w czystej wodzie bez karmienia. Mają one na celu opróżnienie jelit i wyeliminowanie ewentualnego skażenia smakowego. Powoduje to utratę wagi i mobilizację zmagazynowanego tłuszczu. W doświadczeniu zbadano wpływ 70-dniowego oczyszczania na zawartość lipidów i jakość mięsa karpia pospolitego. Co 14 dni pobierano próbki od czteroletnich karpia o masie 1700–2600 g, pochodzących z trzech różnych systemów produkcji (C: suplementowany zbożami; P: pelletem z nasion lnu/rzepak; N: karmiony naturalną paszą) co 14 dni pobierano próbki pod kątem masy i wydajności filetów oraz analizy zawartości lipidów. Wydajność filetów była najwyższa po 14 dniach i malała po upływie tego czasu. W trakcie całego doświadczenia zawartość tłuszczu w filetach zmniejszała się w sposób ciągły w grupach C i P, natomiast w grupie N utrzymywała się na stałym poziomie. Początkowo karpie z grup C i P metabolizowały głównie MUFA, jednak po długotrwałym głodzeniu wszystkie grupy metabolizowały więcej PUFA. Po 70 dniach wszystkie grupy wykazały podobne wartości nasyconych FA (SFA), MUFA i PUFA. Autorzy doszli do wniosku, że karpie są w stanie metabolizować wybrane FA na swoje potrzeby energetyczne, gdy są w dobrej kondycji i posiadają nadwyżki tłuszczu. Jeśli zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie jest niska, karp może równomiernie metabolizować wszystkie typy FA, aby podtrzymać funkcje metaboliczne [32].

Ta sama grupa naukowców z Czech badała skład kwasów tłuszczowych gatunków ryb słodkowodnych sprzedawanych w ich kraju. Autorzy wyselekcjonowali trzy gatunki z ekstensywnych systemów hodowli: pstrąga tęczowego, lina i karpia pospolitego, osiem gatunków z systemów hodowli półintensywnej: karp pospolity, szczupak północny, sandacz, amur biały, okoń europejski, lin, karp srebrny i sum oraz siedem gatunków z hodowli intensywnej: sum afrykański, pstrąg tęczowy, sum Wels, tilapia nilowa, pstrąg potokowy, sieja północna i sandacz. Na zawartość tłuszczu i skład FA wpływał system hodowli. Zaobserwowano istotną zależność składu FA od zawartości tłuszczu. We wszystkich analizowanych rybach zawartość SFA nie przekraczała 34%. Szczupak północny, sandacz i okoń europejski zawierały ponad 50% największej zawartości PUFA. W rybach hodowlanych stwierdzono najwyższą zawartość kwasu tłuszczowego eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego. Jakość odżywienia wybranych gatunków mierzono za pomocą wskaźników aterogennych i trombogennych. Wskaźniki wahały się od 0,27 do 0,63 i od 0,20 do 0,61, a współczynniki PUFA/SFA od 0,67 do 2,01. Uzyskane wyniki wykazały, że mięso wszystkich analizowanych gatunków charakteryzowało się wysoką wartością odżywczą [33].

Inny zespół naukowy z Europy Środkowej przeanalizował skład AF i zawartość tłuszczu w filecie z karpia pospolitego pochodzącym z pięciu różnych hodowli ryb na Węgrzech. Oznaczono parametry peroksydacji lipidów w mięśniach ryb. Dane dotyczące składu FA karpia pospolitego wykazały, że różne metody chowu i żywienia powodują istotne różnice w proporcjach PUFA n-6 i n-3 u tego gatunku. Autorzy doszli do wniosku, że sposób żywienia w ostatnim miesiącu przed odłowem determinował profil FA filetu. Naukowcy proponują podzielić żywienie karpia na dwa główne okresy: okres wzrostu i przyrostu masy ciała; po drugie – poprawa jakości odżywczej składu filetów [34].

Komprda i jego zespół naukowy z Czech przeanalizowali zawartość kwasu arachidonowego (AA), długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 (PUFA) oraz stosunek PUFA n-6/PUFA n-3 w mięsie kurcząt, indyków, karpia pospolitego, i pstrągi tęczowej karmionej dietą komercyjną lub dietą o zmienionej zawartości PUFA n-3 i PUFA n-6. Zawartość AA wahała się od 20 mg/100 g u pstrągów tęczowych żywionych dietą z olejem lnianym do 138 mg/100 g u kurcząt żywionych dietą na bazie kukurydzy do 90. dnia życia. Zawartość AA u indyków żywionych olejem lnianym lub olejem rybnym nie różniła się od zawartości w mięsie pstrąga tęczowego. Zawartość długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (LCE) wahała się od 16 mg/100 g indyków karmionych komercyjną mieszanką paszową do 681 mg/100 g pstrąga tęczowego karmionego komercyjną mieszanką paszową. Tylko indyki żywione dietą z olejem lnianym wykazywały więcej LCE (71 mg/100 g) w porównaniu do wszystkich innych stad drobiowych, za wyjątkiem

indyków karmionych dietą olejem rybnym (123 mg/100 g).

Oprócz wszystkich próbek ryb, również indyki karmione olejem lnianym lub olejem rybnym osiągnęły zalecaną wartość stosunku PUFA n-6/PUFA n-3, która powinna wynosić <4. Zawartość AA w kurczakach i indykach istotnie spadała wraz ze wzrostem żywej masy ciała osiąganego w wieku ubojowym [35].

Wang wraz z zespołem naukowców z USA przeanalizował cechy dzikich ryb słodkowodnych jako źródła pożywienia dla ludzi dla kilku klas FA, szczególnie kwasów tłuszczowych o rozgałęzionych łańcuchach (BCFA). BCFA są głównym bioaktywnym składnikiem diety wprowadzanym do pożywienia głównie poprzez nabiał i wołowinę. Autorzy ocenili zawartość FA w 27 gatunkach ryb słodkowodnych występujących w północno-wschodnich Stanach Zjednoczonych. Skoncentrowali się na BCFA i bioaktywnych PUFA, w szczególności na n-3 (omega-3), EPA i DHA. Średnia (\pm SD) zawartość BCFA we wszystkich analizowanych gatunkach ryb wynosiła $1,0 \pm 0,5\%$ całkowitego FA w mięśniach jadalnych. Najwyższy procent BCFA (>2%) miały stynka tęczowa (*Osmorus mordax*) i pestki dyni (*Lepomis gibbosus*). EPA + DHA stanowiły 28% ogółu FA. U wszystkich gatunków ryb dominującymi BCFA były izo-15:0, anteiso-15:0, iso-16:0, iso-17:0 i anteiso-17:0. Skóra ryb miała znacznie wyższą zawartość BCFA niż mięśnie, ale mniejszą zawartość EPA i DHA. Całkowita zawartość BCFA w skórkach ryb była dodatnio powiązana z zawartością w mięśniach. Autorzy doszli do wniosku, że spożycie standaryzowanej porcji, 70 g dzikich ryb słodkowodnych, wnosi do amerykańskiej diety jedynie niewielkie ilości BCFA, 2,5–24,2 mg, natomiast dodaje duże ilości EPA + DHA (107–558 mg) [36].

Ryby łatwo gromadzą toksyczną rtęć (Hg) i mikrocytyny (MC) w eutroficznych systemach wodnych. W Chinach powszechnie spożywa się ryby hodowlane. Wiele jezior słodkowodnych ma charakter eutroficzny, co powoduje coraz większą akumulację MC w tkankach ryb. Autorzy z Chin przeanalizowali 205 próbek ryb 10 głównych gatunków pobranych z eutroficznego zbiornika Wujiangdu w Chinach. W rybach mierzono zawartość Hg, MC i PUFA. Wyniki wykazały, że stężenia Hg i metylo-Hg we wszystkich próbkach ryb były poniżej limitu bezpieczeństwa (500 ng/g m.m.) ustalonego przez Chińską Administrację Normalizacyjną. Stężenia MC w rybach były istotnie wyższe u srebrzystego i czarnego karpia niż u okonia i suma. Pod względem żywieniowym średnie stężenia n-3 PUFA i EPA + DHA w rybach wynosiły odpowiednio $2,0 \pm 2,5$ i $1,4 \pm 0,5$ mg/g. Ocena ryzyka i korzyści sugeruje, że korzyści dla PUFA n-3 wynikające ze spożycia wszystkich gatunków ryb hodowlanych w zbiorniku przewyższają niekorzystne skutki Hg [37].

Zespół brazylijskich naukowców przeanalizował skład chemiczny ważnych handlowo w ich kraju gatunków ryb słodkowodnych (tilapia nilowa, torpeś, amur, karp pospolity i karp srebrny). Określili wilgotność, zawartość popiołu, białka i lipidów oraz skład FA, a także jakość odżywczą lipidów w filetach tych pięciu gatunków ryb słodkowodnych. Wilgotność filetów wynosiła 74,7%–81,7%, białko 15,8%–18,8%, lipidy 0,4%–8,2%. Głównymi FA u wszystkich gatunków ryb były: nasycony kwas palmitynowy (90–1740 mg/100 g) i jednonienasycony kwas oleinowy (70–2260 mg/100 g). Trawa i karp pospolity oraz tilapia nilowa charakteryzowały się wysoką zawartością kwasu γ -linolenowego (GLA) wynoszącą 536 mg/100 g. Karp był najbogatszym źródłem omega-3 PUFA, głównie EPA (400 mg/100 g) i DHA (620 mg/100 g), a jego stosunek omega-3/omega-6 wynosił 6,11. Ocena żywieniowa profilu FA wykazała, że średnie wartości wynosiły: wskaźnik aterogenności $\sim 0,59$, wskaźnik trombogenności $\sim 0,82$, stosunek hipocholesterolemii do hipercholesterolemii $\sim 1,98$, stosunek wielonienasycony/nasycone $\sim 0,43$ i stosunek ω -3/ ω -6 $\sim 2,18$, wartości sugerujące że spożycie tych gatunków ryb słodkowodnych jest korzystne dla zdrowia ludzkiego [38].

Istnieją dane wskazujące, że różne rodzaje obróbki cieplnej (smażenie na patelni, pieczenie w piekarniku i grillowanie) wpływają na zawartość PUFA w tkankach ryb. Czescy naukowcy zbadali cztery gatunki ryb: szczupaka, karpia, dorsza i śledzia. W tkance ryb występowały głównie lipidy niepolarne (triacyloglicerole), natomiast PUFA występowały głównie we frakcji fosfolipidowej. Wszystkie gatunki ryb (karp, śledź) zawierały więcej triacylogliceroli niż ryby drapieżne (szczupak, dorsz). Większe ilości PUFA wykryto u gatunków morskich niż u gatunków słodkowodnych.

Wpływ obróbki cieplnej na lipidy tkanki rybnej jest specyficzny gatunkowo: tkanka śledzia jest najbardziej stabilna termicznie, a najlepszą obróbką cieplną w celu konserwacji PUFA było pieczenie w piekarniku [39].

Oprócz wartości odżywczej, dla producentów i konsumentów ryb bardzo ważne są także walory sensoryczne. Cechy te ocenił zespół polskich naukowców w 2021 roku. Badali mięso karpia pospolitego karmionego przez 116 dni dwiema mieszankami: pasza kontrolna zawierała 5% mączki rybnej i olejów roślinnych (rzepakowy i sojowy), a w diecie eksperymentalnej połowę mączki rybnej zastąpiono mieszanką mikroalg (*Spirulina sp.*, *Chlorella sp.*), makroalg (*Laminaria digitalata*), a olej roślinny zastąpiono olejem z łososia. Oceniono wartość energetyczną, profil FA mięsa karpia, właściwości odżywcze tłuszczu i białka oraz właściwości kulinarne filetów. Filety z diety doświadczalnej karmionej karpiami zawierały więcej białka, mniej tłuszczu i charakteryzowały się niższą wartością energetyczną. Lepsze parametry jakościowe charakteryzował się tłuszcz śródmięśniowy ryb żywionych dietą eksperymentalną. Białko w obu grupach charakteryzowało się wysoką jakością w porównaniu do białka wzorcowego. Badania wykazały, że mięso karpia żywionego paszą wzbogaconą w zrównoważone i naturalne składniki paszowe może stanowić atrakcyjne sensorycznie źródło składników odżywczych w diecie człowieka [40].

Skład FA filetów karpia karłowatego z jeziora Hévíz na Węgrzech może być zaskoczeniem dla badaczy. Rybę złowiono zimą. Profil filetowy FA karpi przystosowanych termicznie (28°C) z Hévíz różnił się od profili pochodzących z odmiennych hodowli i warunków żywienia pod względem ogólnego poziomu nasycenia. Udział kwasu mirystynowego w filecie znacznie przekraczał wszelkie dane literaturowe. Wyniki oceny FA filetów wskazują na wpływ adaptacji termicznej (wysoki poziom nasycenia) i korelacyjne działanie składników pasz bogatych w kwasy tłuszczowe omega-3, ze szczególnym uwzględnieniem DHA [41].

Badano także podłoże genetyczne właściwości odżywczych mięsa karpia. W polskim badaniu oceniano wpływ diet na aktywność 21 genów biorących udział w metabolizmie lipidów w wątrobie i homeostazie jelit, histologii wątroby i jelit oraz na poziom EPA i DHA w filetach z karpia pospolitego. Autorzy porównali dwie diety eksperymentalne: dietę kontrolną naśladującą paszę komercyjną oraz dietę testową wzbogaconą w EPA i DHA pochodzące z produktów ubocznych łososia. Zbadano dodatkową kontrolę karpi hodowanych ekstensywnie. Doświadczenie wykazało, że na ekspresję siedmiu genów wątrobowych: lipazy lipoproteinowej i syntazy kwasów tłuszczowych oraz sześciu genów jelitowych: kładyny-3c i transpeptydazy γ -glutamylowej, szczególnie wpływała dieta eksperymentalna i typ hodowli. Ryby z dodatkowej grupy

kontrolnej miały najmniejsze hepatocyty i największe jądra w porównaniu z grupą kontrolną i grupą karmioną dietą eksperymentalną. W próbkach jelit nie stwierdzono patologii. Poziomy EPA i DHA w filetach były istotnie wyższe u ryb otrzymujących dietę wzbogaconą w EPA i DHA w porównaniu z grupą kontrolną. Autorzy doszli do wniosku, że stosowanie diet wzbogaconych jest obiecującym rozwiązaniem umożliwiającym produkcję gatunków słodkowodnych o zwiększonej wartości odżywczej bez uszczerbku dla bezpieczeństwa filetów [42].

DYSKUSJA

Łącznie 6 (27%) recenzowanych artykułów pochodzi z Czech, 4 (18%) z Polski, 2 (9%) z Serbii, 2 (9%) z Węgier i po 1 (4,5%) z następujących krajów: Argentyna, Brazylia, Chiny, Egipt, Niemcy, Pakistan, Arabia Saudyjska i USA. Jeśli chodzi o kontynenty: 15 (68%) pochodzi z Europy, 3 (14%) z Azji, 2 (9%) z Ameryki Południowej i 1 (4,5%) z Afryki i Ameryki Północnej. Jest to zgodne ze zwyczajami kulinarnymi tych krajów. Dania z karpia są stale obecne w kuchni żydowskiej, a przy okazji Wigilii spożywane są w Polsce. Dania z karpia jedzą także Czesi, Węgrzy, Niemcy i Serbowie. W Chinach je się także karpia. I tak w Europie karp pospolity produkowany jest głównie w Polsce, Czechach, Niemczech i na Węgrzech [8]. Węgry nie mają dostępu do morza, dlatego owoce morza nie są tam łatwo dostępne. Kraje śródlądowe produkują i spożywają więcej ryb słodkowodnych, ponieważ ryby morskie są dla nich znacznie droższe. Kupowanie ryb mrożonych lub wędzonych zamiast świeżych wydłuża okres przydatności do spożycia, ale też zmienia ich wartość odżywczą. Zamrożone ryby tracą niewielką część swoich wartości odżywczych [26]. Podczas gotowania na parze, pieczenia lub duszenia ryby tracą najmniej kwasów omega-3. Smażenie niszczy je i tworzy szkodliwą akroleinę. Pieczenie w piekarniku jest zalecaną metodą obróbki cieplnej przy przygotowywaniu zdrowych dań rybnych [39]. Palenie zwiększa nawet zawartość EPA i DHA w mięsie ryb, ale zwiększa stężenie metali ciężkich [43].

Dla ludzi owoce morza są głównym źródłem długołańcuchowych PUFA (LC-PUFA). Historycznie rzecz biorąc, połowy były w stanie zaspokoić popyt. Niestety, obecnie doświadczamy „gwałtownej zmiany” w sposobie żywienia świata głodnego owoców morza i LC-PUFA. Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa opublikowała dane, według których 53% łowisk morskich jest w pełni eksploatowanych, 28% jest nadmiernie eksploatowanych, a 4% jest wyczerpanych lub odbudowuje się po wyczerpaniu. Tylko 15% jest niedostatecznie eksploatowanych i jest w stanie wytrzymać bardziej intensywną presję podczas zbiorów. Równocześnie z upadkiem wielu łowisk, światowy popyt na ryby stale rośnie. Roczne spożycie ryb wzrosło o ponad 70% od lat 60. XX wieku, osiągając w niektórych krajach 17 kg na mieszkańca w 2007 r. [44]. Z tego powodu połów ryb słodkowodnych jest przedmiotem zainteresowania krajów śródlądowych, z bardzo małą liczbą linii brzegowych lub z silnie zanieczyszczonymi morzami. Chociaż mięso karpia zawiera mniej PUFA niż owoce morza, jego skład jest podobny do pstrąga. Mniej rtęci niż w rybach morskich i wysoka zawartość selenu to także zalety karpia [37].

Różnice w zawartości białka i tłuszczu w mięśniach ryb mogą wynikać ze zróżnicowania siedliska, jakości wody, stosowanej sztucznej paszy i dostępności planktonu [27]. Spadek zawartości białka w rybach poddanych stresowi toksycznemu wynika z dywersyfikacji energii w celu zaspokojenia zbliżającego się zapotrzebowania na energię [45]. Hodowlę karpia można usprawnić poprzez zastosowanie nowych pasz eksperymentalnych, co skutkuje lepszą charakterystyką FA i białka mięsa karpia [5,8,28,29,30,31,35,40,42].

Hodowla karpia wymaga znajomości sytuacji epizootycznej. Wirus opryszczki koi (KHV), wirus obrzęku karpia (CEV), zakażenia wirusem SVC stanowią problem w europejskiej hodowli karpia. Priorytetowym działaniem w przypadku chorób wirusowych jest częste suszenie i wapnowanie stawów. Choroby bakteryjne karpia wywoływane są przez bakterie z rodzaju *Aeromonas* i *Pseudomonas*. Pasożyty karpia to *Myxozoa*. Inwazja myxosporididae może mieć znaczący negatywny wpływ na zdrowie ryb i potencjalnie powodować wysokie straty. Co ważne, silna inwazja *Myxobolus cyprini* dyskwalifikuje ryby handlowe jako produkt nadający się do sprzedaży. W Niemczech, podobnie jak w Polsce, kormorany stanowią ogromny problem dla użytkowników stawów. Ciągły wzrost populacji ptaków oznacza straty w stadzie ryb [46].

Od czasu opublikowania danych na temat choroby Minamata (zatrucia ludzi i zwierząt rtęcią dimetylową) konsumenci wyrażają obawy związane ze spożywaniem tłustych ryb morskich [47].

Według amerykańskiej Agencji ds. Żywności i Leków (FDA) ryby stanowią element zdrowego odżywiania i dostarczają kluczowych składników odżywczych w czasie ciąży, karmienia piersią i wczesnego dzieciństwa. Ryby są bogate w kwasy omega-3 (DHA i EPA) i omega-6 FA, żelazo, jod, cholinę, która wspomaga rozwój rdzenia kręgowego dziecka. Ryby dostarczają żelaza i cynku, które wspomagają układ odpornościowy. Ryby są źródłem innych składników odżywczych, takich jak białko, witamina B12, witamina D i selen. Chociaż ważne jest ograniczenie rtęci w diecie kobiet w ciąży, karmiących piersią oraz dzieci, wiele rodzajów ryb jest zarówno pożywnych, jak i ubogich w rtęć. FDA uważa, że makrela królewska, marlin, rekin, miecznik, płytecznik i tuńczyk mają wysoką zawartość rtęci. Karp jest uważany za dobrą rybę przez FDA (FDA).

Spośród 22 analizowanych publikacji tylko jedną można uznać za testującą karpia o podwyższonej zawartości kwasów tłuszczowych n-3 dla pacjentów po by-passach aortalno-wieńcowych jako żywność funkcjonalną [23]. Potrzebne są dalsze badania na ludziach. Najlepiej byłoby przeprowadzić różnorodne badania kliniczno-kontrolne na ludziach, oceniające wpływ spożycia mięsa karpia na zdrowie serca. Coraz więcej jest publikacji na temat minerałów i witamin, błonnika pokarmowego i kwasów omega-3 jako żywności funkcjonalnej [49].

WNIOSKI

1. Spożycie karpia poprawia profil lipidowy osocza, dlatego też, gdyby dostępnych było więcej publikacji, można by go uznać za żywność funkcjonalną dla osób z chorobami układu krążenia.
2. Systemy hodowli karpia decydują o zawartości PUFA i białka w mięsie karpia.
3. Karpia można przyrządzać jak tradycyjne dania lub dodawać proszek karpia do innych potraw, aby wzbogacić ich wartości odżywcze. Zalecaną metodą przygotowania mięsa karpia w celu zachowania jego wartości odżywczych jest pieczenie w piekarniku.

LITERATURA

1. Innes JK, Calder PC. Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020. *Int J Mol Sci.* 2020 Feb 18;21(4):1362. doi: 10.3390/ijms21041362. PMID: 32085487; PMCID: PMC7072971.
2. Duyff R.L. *Academy of Nutrition and Dietetics Academy of Nutrition and Dietetics Complete Food and Nutrition Guide*, 5th Ed. Houghton Mifflin 2017.
3. Jarosz M. *Normy żywienia dla populacji Polski*. Instytut Żywności i Żywienia. Warszawa 2017(in Polish).
4. Zeniskova H, Gall V. *Situational and Prospective Report, Fish* (in Czech). Ministry of Agriculture, Prague, 2009, pp 1-46. ISBN 978-80-7084-806-7, ISSN 1211-7692.
5. Trbović D, Marković Z, Milojković-Opsenica D, Petronijević R, Spirić D, Djinović-Stojanović J, Spirić A. Influence of diet on proximate composition and fatty acid profile in common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Food Composition and Analysis* 2013;31(1):75-81.
6. Lofstedt A, de Roos B, Fernandes PG. Less than half of the European dietary recommendations for fish consumption are satisfied by national seafood supplies. *Eur J Nutr.* 2021 Dec;60(8):4219-4228.
7. Sea Fisheries Institute National Research Institute in Gdynia, Poland, website:www.mir.gdynia.pl (cited on Jan30,2022)
8. Skibniewska KA, Zakrzewski J, Klobukowski J, Białońska H, Mickowska B, Guzuir J, Walczak Z, Szarek J. Nutritional Value of the Protein of Consumer Carp *Cyprinus carpio* L. *Czech J. Food Sci.* Vol. 31, 2013, No. 4: 313–317.
9. Heydarnejad MS Survival and growth of common carp (*Cyprinus carpio* L.) exposed to different water pH levels. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2012; 36(3): 245-249.
10. Ed-Idoko J, Solomon SG, AnnunePA, Iber BT, Torsabo D, Nduhisi OC. Breeding of Common Carp (*Cyprinus carpio*) using Different Approaches. *Asian Journal of Biology* 2021 12(3):42-49.
11. Wojtyniak B, Goryński P. Health status of Polish population and its determinants. National Institute of Public Health. Warsaw 2020.
12. Shimizu T. Health claims on functional foods: The Japanese regulations and an international comparison. *Nutrition Research Reviews.* 2003;16(2): 241-252.
13. Martirosyan DM, Singh J. A new definition for functional food by FFC: What makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease.* 2015;5(6): 209-223.
14. Domínguez Díaz L, Fernández-Ruiz V, Cámara M. The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2020; 60(10): 1738-1746.
15. Tangvik RJ, Bruvik FK, Drageset J, Kyte K, Hunskaar I. Effects of oral nutrition supplements in persons with dementia: A systematic review. *Geriatric Nursing.* 2021; 42(1):s117-123.
16. Essat M, Archer R, Williams I, Zarotti N, Coates E, Clowes M, the HighCALS group. Interventions to promote oral nutritional behaviours in people living with neurodegenerative disorders of the motor system: A systematic review. *Clinical Nutrition.* 2020; 39(8), 2547-2556.
17. Coelho MC, Pereira RN, Rodrigues AS, Teixeira JA, Pintado ME. The use of emergent technologies to extract added value compounds from grape by-products. *Trends in Food Science and Technology.* 2020; 106: 182-197.
18. Baumgartner S, Bruckert E, Gallo A, Plat J. The position of functional foods and supplements with a serum LDL-C lowering effect in the spectrum ranging from universal to care-related CVD risk management. *Atherosclerosis.* 2020; 311: 116-123.
19. Cerda-Opazo P, Gotteland M, Oyarzun-Ampuero FA, Garcia L. Design, development and evaluation of nanoemulsion containing avocado peel extract with anticancer potential: A novel biological active ingredient to enrich food. *Food Hydrocolloids.* 2021; 111 doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106370.
20. Li N, Gao S, Tong J, Yu Y, Zhang Q, Xu C. Probiotics as a functional food ingredient in allergic diseases: Regulation of CD4+ T helper cell differentiation. *Critical Reviews in Microbiology.* 2020; 46(4): 463-474.
21. Dhuique-Mayer C, Gence L, Portet K, Tusch D, Poucheret P. Preventive action of retinoids in metabolic syndrome/type 2 diabetic rats fed with citrus functional food enriched in β -cryptoxanthin. *Food and Function.* 2020; 11(10): 9263-9271.
22. Vezza T, Canet F, de Marañón AM, Bañuls C, Rocha M, Víctor VM. Phytosterols: Nutritional health players in the management of obesity and its related disorders. *Antioxidants.* 2020; 9(12): 1-20.
23. Mráz J, Zajíc T, Kozák P, Picková J, Kacer P, Adamek V, Kralova Lesna I, Lanska V, Adamkova V. Intake of carp meat from two aquaculture production systems aimed at secondary prevention of ischemic heart disease - a follow-up study. *Physiol Res.* 2017 Apr 5;66(Suppl 1):S129-S137.
24. Bušová M, Kouřimská L, Tuček M. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic indices in freshwater fish common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from market chain. *Cent Eur J Public Health.* 2020 Dec;28(4):313-319.
25. El-Beltagi HS, El-Senousi NA, Ali ZA, Omran AA. The impact of using chickpea flour and dried carp fish powder on pizza quality. *PLoS One.* 2017 Sep 5;12(9):e0183657. doi: 10.1371/journal.pone.0183657. PMID: 28873098; PMCID: PMC5584754.
26. Mahboob S, Al-Ghanim KA, Al-Balawi HFA, Al-Misned F, Ahmed Z. Study on assessment of proximate composition and meat quality of fresh and stored *Clarias gariepinus* and *Cyprinus carpio*. *Braz J Biol.* 2019 ;79(4):651-658.
27. Hussain B, Sultana S, Ahmed Z, Mahboob S. Study on impact of habitat degradation on proximate composition and amino acid profile of Indian major carps from different habitats. *Saudi J Biol Sci.* 2018;25(4):755-759.
28. Ljubojević D, Radosavljević V, Puvča N, Živković Baloš M, Đorđević V, Jovanović R, Čirković M. Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 2015; 37: 44-50.
29. Sobczak M, Panicz R, Eljasik P, Sadowski J, Tórz A, Żochowska-Kujawska J, Barbosa V, Domingues V, Marques A, Dias J. Quality improvement of common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat fortified with n-3 PUFA. *Food and Chemical Toxicology* 2020;139:111261.
30. Montenegro LF, Descalzo AM, Cunzolo SA, Pérez CD. Modification of the content of n-3 highly unsaturated fatty acid, chemical composition, and lipid nutritional indices in the meat of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed alfalfa (*Medicago sativa*) pellets. *J Anim Sci.* 2020;98(4):skaa084. doi: 10.1093/jas/skaa084. PMID: 32185374; PMCID: PMC7149549.
31. Böhm M, Schultz S, Koussoroplis AM, Kainz MJ. Tissue-Specific Fatty Acids Response to Different Diets in Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *PLOS One.* 2014;https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094759.
32. Zajíc T, Mráz J, Sampels S, Picková J. Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. *Aquaculture.* 2013; 400–401: 111-119.
33. Linhartová Z, Krejsa J, Zajíc T, Másilko J, Sampels S, Mráz J. Proximate and fatty acid composition of 13 important freshwater fish species in central Europe. *Aquaculture International.* 2018; 26: 695–711.
34. Trenovszki M, Lebovics V, Müller T, Szabó T, Hegyi Á, Urbányi B, Horváth L, Lugasi A. Survey of fatty acid profile and lipid peroxidation characteristics in common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat taken from five Hungarian fish farms. *Acta Alimentaria.* 2011; 40 (1) :153-164.
35. Komprda T, Zelenka J, Fajmonová E, Fialová M, Kladroba D. Arachidonic Acid and Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acid Contents in Meat of Selected Poultry and Fish Species in Relation to Dietary Fat Sources. *J. Agric. Food Chem.* 2005; 53 (17): 6804–6812.
36. Wang DH, Jackson JR, Twinning C, Rudstam LG, Zollweg- Horan E, Kraft C, Lawrence P, Kothapalli K, Wang Z, Brenna JT. Saturated Branched Chain, Normal Odd-Carbon-Numbered, and n-3 (Omega-3) Polyunsaturated Fatty Acids in Freshwater Fish in the Northeastern United States. *J. Agric. Food Chem.* 2016; 64 (40): 7512–7519.
37. Jing M, Lin D, Lin J, Li Q, Yan H, Feng X. Mercury, microcystins and omega-3 polyunsaturated fatty acids in farmed fish in eutrophic reservoir: Risk and benefit assessment. *Environmental Pollution.* 2021; 270: 116047.
38. Paggi Matos A, Castelo Matos A, Siegel Moecke EH. Polyunsaturated fatty acids and nutritional quality of five freshwater fish species cultivated in the western region of Santa Catarina, Brazil. *Braz. J. Food Technol.* 2019; 22:https://doi.org/10.1590/1981-6723.19318 (cited on 26 Oct 2022).
39. Schneedorferová I, Tomčala A, Valterová I. Effect of heat treatment on the n-3/n-6 ratio and content of polyunsaturated fatty acids in fish tissues. *Food Chemistry.* 2015;176: 205-211.
40. Sobczak M, Panicz R, Eljasik P, Sadowski J, Tórz A, Żochowska-Kujawska J, Barbosa V, Dias J, Marques A. Nutritional value and sensory properties of common carp (*Cyprinus carpio* L.) filets enriched with sustainable and natural feed ingredients. *Food and Chemical Toxicology.* 2021;152:112197.



41. Varga D, Müller T, Specziár A, Fébel H, Hancz C, Bázár G, Urbányi B, Szabo A. A note on the special fillet fatty acid composition of the dwarf carp (*Cyprinus carpio carpio*) living in thermal Lake Hévíz, Hungary. *Acta Biologica Hungarica*.2013;64(1): 34–44.
42. Eljasik P, Panicz R, Sobczak M, Sadowski J, Tórz A, Barbosa V, Marques A, Dias J. Structural and molecular indices in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed n-3 PUFA enriched diet. *Food and Chemical Toxicology*. 2021;151:112146.
43. Gladyshev MI, Anishchenko OV, Makhutova ON, Kolmakova OV, Trusova MY, Morgun VN, Gribovskaya IV, Sushchik NN. The benefit-risk analysis of omega-3 polyunsaturated fatty acids and heavy metals in seven smoked fish species from Siberia. *Journal of Food Composition and Analysis*.2020;90:103489.
44. Trushenski JT, Bowzer JC. Having Your Omega 3 Fatty Acids and Eating Them Too: Strategies to Ensure and Improve the Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acid Content of Farm-Raised Fish. In Meester F, Watson RR, Zibadi S. (Eds) *Omega-6/3 Fatty Acids. Functions, Sustainability Strategies and Perspectives*. Human Press. Springer Science+Business Media New York. 2013:319-339
45. Sobha K, Poonima A, Harini P, Veeraiah K. A study on biochemical changes in the freshwater fish, *Catla catla* (Hamilton) exposed to the heavy metal toxicant cadmium chloride Kathmandu Univ. J. Sci. Eng. Technol. 2007; 1 (4) (2007):1-11.
46. Antychowicz J, Pękala A, Kramer I. Przyczyny strat w hodowli karpi i ich leczenie. *Życie Weterynaryjne*. 2017; 92(3): 190-200 (in Polish).
47. Igata A. Neurological aspects of methylmercury poisoning in Minamata. *Recent Advances in Minamata Disease Studies* (eds. Tsubaki T. and Takahashi H.), 1986: 41-57. Tokyo: Kodansha Ltd.
48. U.S. Food & Drug Administration. Advice about Eating Fish. <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>. (Cited on 2 Nov2022).
49. Zhou H, Liu J, Dai T, Muriel Mundo JL, Tan Y, Bai L, McClements DJ. The gastrointestinal fate of inorganic and organic nanoparticles in vitamin D-fortified plantbased milks. *Food Hydrocolloids*.2021; 112 doi:10.1016/j.foodhyd.2020.1063.

Barbara Nieradko-Iwanicka

Zakład Higieny i Epidemiologii Uniwersytet Medyczny w Lublinie
ul Chodźki 7, 20-093 Lublin
e-mail: barbara.nieradko-iwanicka@umlub.pl