



Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Zofia Maria Utri-Khodadady

**Analiza wiedzy i realizacji zaleceń
żywnościowych dotyczących spożycia ryb
oraz wpływu interwencji żywnościowych
obejmujących zwiększenie spożycia łososia
na wybrane wskaźniki stanu zdrowia młodych
kobiet**

Analysis of knowledge and compliance with dietary
recommendations regarding fish consumption and the impact
of dietary interventions comprising increased salmon intake
on selected health status indicators in young women

Rozprawa doktorska
Doctoral thesis

Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem
prof. dr hab. Dominiki Głąbskiej
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka, Katedra Dietetyki

Warszawa, 2025 rok

Serdecznie dziękuję mojej Promotorce prof. dr hab. Dominice Głąbskiej
za nieocenioną pomoc i wsparcie merytoryczne na kolejnych etapach powstawania tej pracy. Dziękuję szczególnie za Pani dokładność, dbałość o szczegóły oraz konstruktywną, lecz życzliwą krytykę, dzięki którym miałam możliwość wiele się nauczyć.

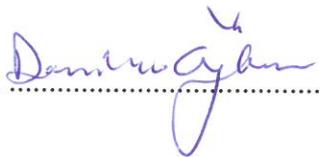
Dziękuję również mojej Rodzinie oraz Przyjaciółkom
za ogromne wsparcie zarówno podczas przeprowadzania badań jak i przygotowywania publikacji oraz końcowej pracy.

Szczególne podziękowania dla:
mojego Męża Isy, który wpierał mnie od samego początku przygody z doktoratem, Johannesesa za pomoc w przygotowywaniu abstraktów graficznych, Oli W. za wskazówki i korekty podczas pisania publikacji oraz Babci Basi i Dziadka Jurka za nieustanne wsparcie i szczerze zainteresowanie tym, na jakim etapie są moje badania, publikacje i wreszcie praca doktorska.

Bardzo dziękuję Dyrektorce SD SGGW prof. dr hab. Justyny Franc-Dąbrowskiej
za wsparcie, życzliwość i ogrom empatii podczas kształcenia w Szkole Doktorskiej.

**Oświadczenie promotorki rozprawy doktorskiej
przygotowanej przez doktorantkę Szkoły Doktorskiej SGGW**

Oświadczam, że **rozprawa doktorska autorstwa Zofii Utri-Khodadady została przygotowana pod moim kierunkiem na podstawie badań realizowanych w ramach kształcenia w Szkole Doktorskiej SGGW** i stwierdzam, że spełnia warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora.

Data 11.09.2025 Czytelny podpis promotorki 

**Oświadczenie autorki rozprawy doktorskiej
będącej doktorantką Szkoły Doktorskiej SGGW**

Świadoma odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że **niniejsza rozprawa doktorska została przygotowana przeze mnie samodzielnie na podstawie badań realizowanych w ramach kształcenia w Szkole Doktorskiej SGGW** i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności z ustawą z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (tj. z dnia 28 października 2022 r., Dz.U. z 2022 r. poz. 2509 ze zm.)

Oświadczam, że przedstawiona rozprawa nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z uzyskaniem stopnia naukowego doktora.

Oświadczam ponadto, że niniejsza wersja rozprawy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Przyjmuję do wiadomości, że rozprawa doktorska poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data 11.09.2025 Czytelny podpis autorki rozprawy 

Streszczenie

Analiza wiedzy i realizacji zaleceń żywieniowych dotyczących spożycia ryb oraz wpływu interwencji żywieniowych obejmujących zwiększenie spożycia łososia na wybrane wskaźniki stanu zdrowia młodych kobiet

Niniejszą pracę doktorską stanowi cykl czterech spójnych tematycznie publikacji naukowych dotyczących wpływu zwiększenia spożycia ryb na zdrowie oraz świadomości młodych kobiet w tym zakresie. Przeprowadzono trzy badania, mające na celu kolejno: (1) analizę wiedzy na temat korzyści i potencjalnych zagrożeń związanych ze spożywaniem ryb, znajomość rekomendacji spożycia ryb i faktycznej wielkości ich spożycia wśród uczennic szkół ponadpodstawowych w porównaniu z ich rówieśnikami płci męskiej (ogólnopolskie badanie ankietowe), (2) analizę wpływu zwiększenia spożycia łososia w dwóch różnych formach (łosoś wędzony lub parówki z łososia) w okresie jesiennym na stan odżywienia witaminą D (stężenie 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) w surowicy krwi) u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D, w porównaniu z grupą kontrolną (badanie interwencyjne), oraz (3) analizę wpływu zwiększenia spożycia łososia wędzonego na profil lipidowy u młodych kobiet o nadmiernej masie ciała, w porównaniu z grupą kontrolną (badanie interwencyjne).

Na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego (1) stwierdzono, że pomimo znajomości podstawowych zagadnień związanych ze spożyciem ryb, większości młodych Polek brakuje bardziej szczegółowej wiedzy dotyczącej zarówno dokładnych zaleceń spożycia ryb, jak i tego, jakich składników ryby dostarczają oraz potencjalnych zagrożeń związanych ze spożyciem ryb. Mediana spożycia ryb dla młodych Polek wyniosła 32 g/ tydzień, przy czym jedynie co dziesiąta z nich realizowała spożycie na poziomie 150 g ryb tygodniowo, a co dwudziesta druga – 300 g ryb tygodniowo. Respondentki znające zalecenia spożycia ryb charakteryzowały się wyższym spożyciem ryb niż te ich nieznające, co podkreśla jak istotna jest wiedza żywieniowa w kontekście wyższego spożycia ryb.

W badaniu interwencyjnym (2) wykazano, że wprowadzenie do diety łososia (w postaci łososia wędzonego lub parówek z łososia) w ilości dostarczającej ok. 5 µg witaminy D dziennie nie było wystarczające, aby zapobiec naturalnemu obniżeniu się stężenia 25(OH)D w surowicy krwi w okresie jesiennym. Jednakże, w przypadku wprowadzenia do diety dodatkowej witaminy D w postaci parówek z łososia zaobserwowano mniejsze obniżenie 25(OH)D niż w przypadku łososia wędzonego, co wskazuje na wyższą efektywność parówek z łososia w utrzymywaniu stężenia 25(OH)D w surowicy krwi w okresie jesiennym w porównaniu do łososia wędzonego. Może to wynikać z wyższej zawartości tłuszczu w porcji parówek z łososia niż w porcji łososia wędzonego, z homogenizacji zastosowanej podczas produkcji parówek lub z różnej częstotliwości spożywania parówek z łososia i łososia wędzonego.

Ponadto w badaniu interwencyjnym (3) wykazano, że wprowadzenie do diety łososia wędzonego w ilości 200 g/ tydzień, czyli ilości zgodnej z zaleceniami spożycia ryb, może przyczynić się do obniżenia stężenia cholesterolu frakcji lipoprotein o niskiej

gęstości (LDL) oraz współczynnika Cholindex u młodych kobiet o nadmiernej masie ciała. Jednakże, ze względu na dodatkowe różnice obserwowane w podgrupach, a także brak różnic istotnych statystycznie dla pozostałych składowych profilu lipidowego, należy również wskazać konieczność dalszych badań z interwencjami trwającymi dłużej niż osiem tygodni.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wskazanie, że niezbędne są działania edukacyjne w zakresie dokładnych zaleceń spożycia ryb oraz korzyści wynikających ze spożywania ryb w celu efektywnej profilaktyki i terapii schorzeń dietozależnych, w tym schorzeń związanych z niedoborem witaminy D oraz dyslipidemii. Ponadto, ze względu na niewiele danych dotyczących biodostępności witaminy D z ryb, a także duże zmiany w składzie paszy łososi hodowlanych w ostatnich latach, konieczne jest prowadzenie dalszych badań w zakresie wpływu zwiększenia spożycia łososia hodowlanego i innych gatunków ryb na zdrowie.

Słowa kluczowe: wiedza żywieniowa, rekomendacje, spożycie ryb, *Salmo salar*, łosoś hodowlany, parówki z łososia, witamina D, lipidogram, młode kobiety

Abstract

Analysis of knowledge and compliance with dietary recommendations regarding fish consumption and the impact of dietary interventions comprising increased salmon intake on selected health status indicators in young women

This doctoral dissertation comprises a series of four thematically coherent scientific publications on the impact of increased fish consumption on the health of young women and their nutritional awareness in this regard. Three studies were conducted with the following aims: (1) to analyze the knowledge of the benefits and potential risks of fish consumption, knowledge of fish intake recommendations and the actual amount of fish intake among female high school students compared to their male counterparts (nationwide questionnaire study), (2) to analyze the effect of increasing salmon intake in two different forms (smoked salmon or salmon sausages) in autumn on vitamin D status (serum 25-hydroxycholecalciferol (25(OH)D) concentration) in young women who do not supplement vitamin D, compared to a control group (intervention study), and (3) to analyze the effect of increased intake of smoked salmon on lipid profile in young women with excessive body mass, compared to a control group (intervention study).

Based on the questionnaire study (1), it was found that despite having general knowledge concerning fish consumption, most young Polish females lack more detailed knowledge regarding the exact fish intake recommendations, nutrients provided by fish and the potential risks associated with fish consumption. The median intake of fish among the female respondents was 32 g/ week, while only one in ten met the recommended intake of 150 g/ week and one in twenty-two of them met the intake of 300 g of fish per week. The females who knew the actual fish intake recommendations had higher intakes of fish than those who did not, highlighting how important nutritional knowledge is for higher fish intake.

In the intervention study (2), it was shown that the incorporation of salmon (in the form of smoked salmon or salmon sausages) into the diet in an amount that provided about 5 µg of vitamin D daily was not sufficient to prevent the natural decline in serum 25(OH)D concentrations in autumn. However, when vitamin D was added to the diet in the form of salmon sausages, lower decreases in serum 25(OH)D concentrations were observed compared to when smoked salmon was added, which indicates a higher efficacy of salmon sausages in maintaining serum 25(OH)D concentrations in autumn compared to smoked salmon. This may be due to the higher fat content in a serving of salmon sausages compared to a serving of smoked salmon, the homogenization used during the production of the sausages, or the differences in the frequency of consuming salmon sausages and smoked salmon.

In addition, the intervention study (3) demonstrated that the incorporation of 200 g of smoked salmon per week into the diet, being consistent with the recommended fish intake, can contribute to lowering the fraction of low-density lipoprotein (LDL) cholesterol and Cholesterol in young women with excessive body mass. However, due to additional differences observed between some subgroups, as well as the lack of statistically significant differences for the other analyzed lipid profile parameters, the

need for further research with interventions lasting more than eight weeks must also be emphasized.

The conducted studies allowed to indicate that nutritional education regarding the recommended amounts of fish to be consumed and the benefits of fish consumption is essential for an effective prevention and treatment of diet-related diseases, including those associated with vitamin D deficiency and dyslipidemia. Moreover, due to limited data on the bioavailability of vitamin D from fish, as well as the significant changes in salmon feed in recent years, there is need for further research on the influence of increasing salmon and other fish species intake on health.

Keywords: nutritional knowledge, recommendations, fish intake, *Salmo salar*, farmed salmon, salmon sausages, vitamin D, lipid profile, young women

Spis treści

1.	Opis pracy	11
1.1.	Wykaz publikacji składających się na rozprawę doktorską.....	11
1.2.	Uzasadnienie podjęcia tematu	13
1.3.	Cel i zakres pracy.....	21
1.4.	Hipotezy badawcze	22
1.5.	Materiał i metodyka badań – najważniejsze informacje.....	23
1.6.	Wybrane wyniki.....	49
1.7.	Dyskusja wyników.....	70
1.8.	Ograniczenia i mocne strony przeprowadzonych badań	91
1.9.	Weryfikacja hipotez badawczych	97
1.10.	Stwierdzenia i wnioski.....	99
1.11.	Bibliografia	103
2.	Kopie publikacji składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów	115

1. Opis pracy

1.1. Wykaz publikacji składających się na rozprawę doktorską

Publikacja 1

Utri-Khodadady Z, Głąbska D. Analysis of fish-consumption benefits and safety knowledge in a population-based sample of Polish adolescents. *Nutrients*. 2023; 15(23): 4902, <https://doi.org/10.3390/nu15234902>.

Punktacja MEiN₂₀₂₃ – **140 pkt.**; IF₂₀₂₃ – **4,8**; udział w publikacji: **70%**

Publikacja 2

Utri-Khodadady Z, Skolmowska D, Głąbska D. Determinants of fish intake and complying with fish consumption recommendations – A nationwide cross-sectional study among secondary school students in Poland. *Nutrients*. 2024; 16(6): 853, <https://doi.org/10.3390/nu16060853>.

Punktacja MNiSW₂₀₂₄ – **140 pkt.**; IF₂₀₂₄ – **4,8**; udział w publikacji: **65%**

Publikacja 3

Utri-Khodadady Z, Głąbska D, Guzek D. Effect of consuming salmon products on vitamin d status of young Caucasian women in autumn – A randomized 8-week dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) intervention study. *Nutrients*. 2024; 16(20): 3565, <https://doi.org/10.3390/nu16203565>.

Punktacja MNiSW₂₀₂₄ – **140 pkt.**; IF₂₀₂₄ – **4,8**; udział w publikacji: **65%**

Publikacja 4

Utri-Khodadady Z, Głąbska D. Effects of increasing farmed salmon intake to the recommended fish-intake amounts on lipid profile in young women: An 8-week intervention study. *Nutrients*. 2024; 16(23): 4051, <https://doi.org/10.3390/nu16234051>.

Punktacja MNiSW₂₀₂₄ – **140 pkt.**; IF₂₀₂₄ – **4,8**; udział w publikacji: **80%**

Suma punktów wg listy czasopism punktowanych MNISW: **560 pkt**

Suma IF: **19,2**

1.2. Uzasadnienie podjęcia tematu

1.2.1. Zalecenia spożycia ryb

Ryby są ważną grupą produktów spożywczych w diecie człowieka jako jedno z najlepszych źródeł długołańcuchowych wielonienasyconych kwasów tłuszczowych omega-3, takich jak kwas eikozapentaenowy (ang. *eicosapentaenoic acid*, EPA) i kwas dokozaheksaenowy (ang. *docosahexaenoic acid*, DHA), które są rzadko dostarczane z innych produktów spożywczych [1]. Kwasy tłuszczowe EPA i DHA są niezbędne w diecie człowieka, ponieważ nie mogą być wytwarzane przez organizm człowieka, a są kluczowe w utrzymaniu jego homeostazy [2]. Ponadto ryby odgrywają ważną rolę w dostarczaniu innych składników odżywczych niezbędnych dla układu hormonalnego, takich jak witamina D [3]. Witamina D nie tylko reguluje absorpcję wapnia z przewodu pokarmowego i niektóre przemiany w kościach, odpowiadając za prawidłowe ich tworzenie oraz resorpcję, ale wpływa także na proliferację i różnicowanie komórek, z czego wynika jej potencjał w prewencji i leczeniu niektórych nowotworów złośliwych, reguluje wydzielanie niektórych hormonów (np. parathormonu, insuliny i czynnika wzrostu fibroblastów 23 (FGF23)) oraz funkcjonowanie układu odpornościowego [4]. Metaanalizy wskazują, że regularne spożycie ryb zmniejsza ryzyko zawału mięśnia sercowego [5], udaru mózgu [6], zespołu metabolicznego [7], demencji [8] i depresji [9], a także zmniejsza śmiertelność ze wszystkich przyczyn [10].

Ze względu na unikalne korzyści zdrowotne, ryby są uwzględniane w wielu krajowych i międzynarodowych zaleceniach żywieniowych. Światowa Organizacja Zdrowia (ang. *World Health Organization*, WHO) [11], a także Europejskie Towarzystwo Kardiologiczne (ang. *European Society of Cardiology*, ESC) zalecają spożywanie ryb co najmniej jeden do dwóch razy w tygodniu [12], podczas gdy Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne (ang. *American Heart Association*, AHA) zaleca spożywanie ryb co najmniej dwa razy w tygodniu [13]. W Europie krajowe zalecenia żywieniowe dotyczące spożycia ryb formułują rekomendacje na poziomie od 100 do 482 g tygodniowo, co zwykle odpowiada jednej do dwóch porcji ryb w tygodniu [14], podobnie jak polskie zalecenia spożywania co najmniej dwóch porcji ryb tygodniowo [15]. Niektóre kraje, takie jak Hiszpania, zalecają spożywanie jeszcze większej ilości ryb – od trzech do czterech porcji tygodniowo, co odpowiada od 375 do 600 g ryb w tygodniu [16]. Dodatkowo, większość krajowych zaleceń żywieniowych

podkreśla rolę ryb jako ważnego elementu prozdrowotnej diety, którego nie należy zastępować innymi źródłami białka [17].

1.2.2. Wielkość spożycia ryb w Polsce i na świecie

Pomimo opisanych powyżej zaleceń żywieniowych i licznych korzyści zdrowotnych wynikających ze spożywania ryb, od 2018 r. w Unii Europejskiej (UE) obserwuje się tendencję spadkową spożycia ryb [18]. Z danych bilansowych wynika, że średnie spożycie ryb we wszystkich 27 krajach UE w 2022 r. wyniosło 23,51 kg/ mieszkańca/ rok, co odpowiada 452 g/ tydzień, jednak spożycie ryb różni się znacznie w zależności od kraju. Podczas gdy w Portugalii w 2022 r. wyniosło ono 54,54 kg/ mieszkańca/ rok, co odpowiada 1,05 kg/ tydzień, w Polsce było ono około czterokrotnie niższe, na poziomie 13,68 kg/ mieszkańca/ rok, co odpowiada 263 g/ tydzień [18].

Należy podkreślić, że niektóre metody pozyskiwania danych dotyczących spożycia żywności, takie jak badania budżetów gospodarstw domowych lub metody bilansowe, których dane są najczęściej prezentowane dla Polski w kontekście wielkości spożycia ryb, nie zawsze odzwierciedlają faktyczne spożycie żywności przez poszczególne osoby i związane są z ryzykiem przeszacowania rzeczywistego spożycia [19]. Niektóre badania, takie jak *European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition* (EPIC), w którym zgromadzono dane z lat 1992-2000 [20], oceniły spożycie ryb w krajach europejskich z wykorzystaniem wywiadu o spożyciu z 24 godzin, co wydaje się być dokładniejsze niż badania budżetów domowych lub metody bilansowe. Niestety analiza ta nie obejmowała Polski [20]. Do tej pory brak jest dokładnych danych dotyczących spożycia ryb w populacji polskiej. Z tego powodu kluczowe jest przeprowadzenie dobrze zaprojektowanych ogólnopolskich badań naukowych w celu dokładnej oceny wielkości spożycia ryb w populacjach szczególnie narażonych na ich niskie spożycie, w tym młodzieży i młodych dorosłych.

Spożycie ryb różni się nie tylko pomiędzy krajami. Obserwuje się także różnice pomiędzy grupami populacyjnymi, a także w ramach tych grup. Badania *National Health and Nutrition Examination Surveys* (NHANES) z lat 2005-2010, realizowane w Stanach Zjednoczonych Ameryki (ang. *the United States of America*, USA), ukazały, że najniższe spożycie ryb dotyczy osób młodych, a także osób o niskich dochodach i o niskim poziomie wykształcenia [21]. Odpowiada to wynikom polskich badań wskazujących, że w grupie osób w wieku nastoletnim 14,1% zadeklarowało spożywanie ryb rzadziej niż

raz w tygodniu, a 26,2% zadeklarowało, że w ogóle nie spożywa ryb [22]. Wśród dziewcząt biorących udział w badaniu, 49,1% zadeklarowało spożywanie ryb nie częściej niż raz w miesiącu [23]. Co więcej, w niektórych państwach, np. w Wielkiej Brytanii, dorastająca młodzież jest wskazywana jako szczególnie narażona na negatywne konsekwencje zbyt niskiego spożycia ryb [24].

W celu zwiększenia spożycia ryb w latach 2008-2009 Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi przeprowadziło w Polsce krajową kampanię edukacyjną dotyczącą korzyści płynących ze spożycia ryb, pod nazwą „Ryba wpływa na wszystko”. Według danych rządowych zaobserwowano w jej wyniku wzrost spożycia ryb, gdyż średnia rocznego spożycia ryb w 2007 r. wynosiła 12,91 kg/ mieszkańca/ rok, w 2008 r. – 13,67 kg/ mieszkańca/ rok, a w 2009 r. – 13,94 kg/ mieszkańca/ rok [25]. Niewiele jednak wiadomo na temat tego, co Polacy, w tym osoby młode, wiedzą o konkretnych korzyściach płynących ze spożywania ryb oraz czy przyczyną obserwowanego wzrostu spożycia ryb rzeczywiście była przeprowadzona kampania edukacyjna czy też inne czynniki. Jednakże, należy wskazać, że z europejskiego przekrojowego badania konsumenckiego wynika, że przekonanie, iż spożywanie ryb jest zdrowe, wydaje się być skorelowane z częstotliwością spożywania ryb [26].

1.2.3. Źródła witaminy D

Głównym źródłem witaminy D dla ludzi jest synteza skórna cholekalcyferolu z 7-dehydrocholesterolu, która zachodzi pod wpływem promieniowania UVB (290-320 nm) podczas ekspozycji na słońce [27]. Jest to jednak uzależnione od szerokości geograficznej, pory roku i pory dnia, co powoduje, że w krajach położonych w klimacie umiarkowanym, takich jak Polska, synteza skórna witaminy D jest w praktyce możliwa tylko od kwietnia do października [28].

Innymi źródłami witaminy D są produkty spożywcze. Witamina D występuje naturalnie w rybach oraz w mniejszej ilości w jajach, niektórych grzybach, mięsie, mleku i produktach mlecznych [29]. Jest ona również dodawana do niektórych produktów spożywczych podczas produkcji i dlatego można ją znaleźć w żywności wzbogaconej, takiej jak margaryna lub płatki śniadaniowe [29]. Należy jednak podkreślić, że biorąc pod uwagę ilość witaminy D w porcji produktu, najlepszym źródłem witaminy D w diecie są ryby [30]. Niemniej jednak zawartość witaminy D różni się znacząco w zależności od gatunku. Podczas gdy w węgorzu (*Anguilla anguilla*) jej zawartość to 30 µg/ 100 g, w śledziu (*Clupea harengus*) – 19 µg/ 100 g, a w łososiu (*Salmo salar*) – 13 µg/100 g,

inne gatunki ryb, takie jak dorsz (*Gadus morhua*) lub flądra (*Platichthys flesus*) zawierają zdecydowanie mniejsze ilości tej witaminy (odpowiednio 1,0 µg/ 100 g i 0,8 µg/ 100 g) [30].

1.2.4. Niedobór witaminy D

Pomimo, iż często mówi się, że niedobór witaminy D jest problemem na skalę światową [31], nie ma spójnej definicji niedoboru witaminy D. Niektóre ośrodki, takie jak amerykańskie Narodowe Instytuty Zdrowia (ang. *National Institutes of Health*, NIH) [32] i Królewskie Towarzystwo Osteoporozy (ang. *Royal Osteoporosis Society*, ROS) w Wielkiej Brytanii, definiują niedobór witaminy D jako stężenie 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) w surowicy krwi niższe niż 30 nmol/l (12 ng/ml) [33], inne takie jak Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (ang. *European Food Safety Authority*, EFSA) [34] i panel ekspertów odpowiedzialny za polskie zalecenia, wskazują na wyższe stężenie – mianowicie stężenie 25(OH)D niższe niż 50 nmol/l (20 ng/ml) [35].

W związku z tym, w zależności od przyjętego poziomu referencyjnego, częstość występowania niedoboru witaminy D w populacji jest określana na różnym poziomie. Na przykład, częstość występowania niedoboru witaminy D na podstawie danych z 16 krajów europejskich, głównie z Europy północnej i zachodniej, bez danych z Polski, wynosiła 13%, biorąc pod uwagę stężenie 30 nmol/l i 40,4% dla stężenia 50 nmol/l [36].

Odsetek osób z niedoborem witaminy D jest także różny w zależności od grupy populacyjnej. Z badania przeprowadzonego w Danii, Finlandii, Irlandii i Polsce wynika, że w miesiącach zimowych Polki miały najniższe stężenie 25(OH)D w porównaniu z kobietami z pozostałych trzech krajów [37]. Ponadto 87% nastoletnich Polek i 92% Polek w wieku ok. 70 lat charakteryzowało się stężeniem 25(OH)D niższym niż 50 nmol/l [37].

Aby zwalczać niedobór witaminy D, niektóre rekomendacje zalecają uzupełnianie diety suplementami witaminy D przez cały rok [35] lub jedynie w miesiącach jesienno-zimowych, kiedy synteza skórna witaminy D jest znacznie zmniejszona [33]. Co ciekawe, polskie rekomendacje [35], zalecają suplementację witaminą D dla wszystkich grup wiekowych przez cały rok i nie podkreślają znaczenia głównych i naturalnych źródeł witaminy D, a mianowicie syntezy skórnej i produktów spożywczych. Należy podkreślić, że wydają się to być jedyne zalecenia, które nie wskazują naturalnych źródeł witaminy D. Inne zalecenia, takie jak francuskie, holenderskie, niemiecko-austriacko-szwajcarskie

i fińskie, podkreślają przede wszystkim rolę syntezy skórnej i diety jako głównych źródeł witaminy D [38–41] i wskazują, że suplementację witaminą D należy rozważyć, gdy dieta nie zapewnia wystarczających ilości witaminy D [41] lub gdy brakuje syntezy skórnej [40]. Finowie ponadto podkreślają, że należy unikać niepotrzebnej suplementacji witaminą D [41], podczas gdy w zaleceniach niemiecko-austriacko-szwajcarskich wskazano, że zdrowi dorośli z częstą ekspozycją na słońce mogą osiągnąć odpowiedni stan odżywienia witaminą D bez stosowania suplementów witaminy D [40]. Także według francuskich zaleceń możliwe jest osiągnięcie odpowiedniego stanu odżywienia witaminą D poprzez ekspozycję na słońce i żywność [38].

Ze względu na fakt, że witamina D jest lepiej przyswajalna z produktów spożywczych niż z suplementów diety [42] – co przekłada się na znacznie wyższe zalecane dawki suplementów diety niż zalecane spożycie witaminy D z dietą [35,43] – oraz ze względu na fakt, że tłuste ryby dostarczają nie tylko witaminy D, ale także niezbędnych i często niedoborowych kwasów tłuszczowych omega-3 [3], bardziej korzystne wydaje się więc zalecanie zwiększenia spożycia tłustych ryb niż niezwłoczne wdrażanie suplementacji witaminą D.

Przeprowadzone zostały badania, które wykazały korzystny wpływ interwencji żywieniowych na poprawę stanu odżywienia witaminą D bez stosowania suplementów. Włączenie do diety 450 g łososia tygodniowo spowodowało zwiększenie stężenia 25(OH)D w surowicy krwi osób dorosłych stosujących dietę o obniżonej wartości energetycznej [44], spożywanie owoców morza (głównie tłustych ryb) trzy razy w tygodniu zwiększyło stężenie 25(OH)D w surowicy krwi u mieszkańców Norwegii [45], a codzienne spożywanie 60 g sera Gouda wzbogaconego w witaminę D₃ zwiększyło stężenie 25(OH)D w surowicy krwi u kobiet w Grecji w okresie zimowym [46]. Z drugiej strony, w niektórych badaniach nie wykazano znaczącego efektu badanych interwencji. Nie odnotowano na przykład wzrostu stężenia 25(OH)D w surowicy krwi u dorosłych z nadmierną masą ciała w Norwegii, nawet w przypadku spożywania 750 g łososia tygodniowo [47], a nawet odnotowano obniżenie stężenia 25(OH)D w surowicy krwi po czterech tygodniach spożywania 50 g łososia wędzonego dziennie u młodych Polek w badaniu Vitamin D in Salmon (VISA) we wcześniejszym badaniu własnym [48]. Stąd też potrzeba poszukiwania innych skutecznych interwencji żywieniowych, które mogłyby być wdrażane w ramach zwalczania niedoboru witaminy D. Jest to szczególnie istotne w kontekście młodych kobiet, ze względu na częste niedobory witaminy D w tej

grupie, co może prowadzić do osiągnięcia mniejszej szczytowej masy kostnej, a co za tym idzie zwiększonego ryzyka osteoporozy w przyszłości [37].

1.2.5. Problem nadmiernej masy ciała i jej następstw u młodych kobiet

Według statystyk WHO nadmierna masa ciała jest globalnym i coraz częściej występującym problemem, co wskazać można w oparciu o dane z 2022 roku, kiedy na całym świecie 2,5 miliarda dorosłych miało nadwagę, a 890 milionów dorosłych miało otyłość, podczas gdy od 1990 roku odsetek dorosłych z otyłością wzrósł ponad dwukrotnie [49]. Nadmierna masa ciała prowadzi do zwiększonej częstości występowania różnych problemów zdrowotnych, takich jak cukrzyca, choroby układu krążenia, nadciśnienie tętnicze i hiperlipidemia [50]. Najnowsze metaanalizy potwierdziły te potencjalne zagrożenia, podkreślając zwiększone prawdopodobieństwo rozwoju cukrzycy [51], chorób układu krążenia [52] i nadciśnienia tętniczego [53] u osób z nadwagą i otyłością, a także pozytywne zmiany stężenia lipidów w surowicy krwi po zmniejszeniu masy ciała [54].

Należy zauważyć, że częstość występowania otyłości u kobiet jest wyższa niż u mężczyzn, a także że częstość występowania nadmiernej masy ciała wzrasta wraz z wiekiem, osiągając najwyższą wartość między 50. a 65. rokiem życia [55]. Jednakże, młode dorosłe kobiety mają najwyższy wskaźnik przyrostu masy ciała w porównaniu z innymi grupami wiekowymi, co przypisuje się zmianom stylu życia, uczęszczaniu na studia oraz stosowaniu środków antykoncepcyjnych [56].

Biorąc pod uwagę związane z nadmierną masą ciała zagrożenia dla zdrowia, w zaleceniach dietetycznych wskazuje się kwestie, które pomogłyby nie tylko zmniejszyć nadmierną masę ciała, ale także zmniejszyć ryzyko potencjalnych konsekwencji otyłości, takich jak hiperlipidemia, nadciśnienie tętnicze i inne choroby układu krążenia. AHA wyraźnie uwzględnia ryby i owoce morza w swoich wytycznych, podkreślając ich rolę w prewencji niektórych z tych zagrożeń dla zdrowia. Według AHA [13] spożywanie 2-3 porcji ryb tygodniowo wiąże się ze zmniejszoną śmiertelnością i mniejszą częstością występowania chorób układu krążenia, w tym choroby wieńcowej, zawału mięśnia sercowego, udaru mózgu i niewydolności serca [57,58]. Ponadto ostatni wspólny raport WHO oraz Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (ang. *Food and Agriculture Organization*, FAO) na temat ryzyka i korzyści wynikających ze spożycia ryb wskazuje, że istnieją dowody na związek między wyższym spożyciem ryb a zmniejszonym ryzykiem wystąpienia chorób serca [59]. Korzyści te przypisuje się

przede wszystkim długołańcuchowym kwasem tłuszczowym omega-3 znajdującym się w rybach, szczególnie rybach tłustych, zwłaszcza gdy ryby zastępują inne produkty pochodzenia zwierzęcego bogate w kwasy tłuszczowe nasycone [60].

W ostatnich latach przeprowadzono badania oceniające związek między spożyciem ryb a ryzykiem chorób układu krążenia [61], a także analizujące wpływ zwiększenia spożycia ryb tłustych na parametry lipidowe [62]. Jak wynika z analizy obejmującej 4 międzynarodowe badania kohortowe z udziałem prawie 200 000 osób z 58 krajów, przeprowadzonej przez Mohan i wsp. [61], spożycie ryb w ilości co najmniej 175 g tygodniowo wiąże się z niższym ryzykiem wystąpienia poważnych chorób układu krążenia u pacjentów z wcześniejszymi chorobami układu krążenia niż w przypadku niższego spożycia ryb. Na podstawie metaanalizy obejmującej 14 badań interwencyjnych z udziałem ponad 1300 osób, przeprowadzonej przez Alhassan i wsp. [62], wskazać można, że włączenie do diety tłustych ryb prowadziło do znacznej poprawy stężenia triglicerydów (ang. *triacylglycerides*, TAG) i lipoprotein o dużej gęstości (ang. *high-density lipoprotein*, HDL). Należy jednak zauważyć, że średni wiek uczestników badania Mohan i wsp. [61] wynosił $54,1 \pm 8,0$ lat, a badanie dotyczyło pacjentów z wcześniejszymi zaburzeniami czynności układu sercowo-naczyniowego, podczas gdy metaanaliza Alhassan i wsp. [62], pomimo uwzględnienia badań przeprowadzonych również wśród młodych osób oraz osób z nadwagą i otyłością, obejmowała badania opublikowane tylko do 2014 roku. Ma to znaczenie, ponieważ wskazuje się, że w ostatnich latach pasza ryb hodowlanych, takich jak łosoś, zmieniła się w kierunku opartej w większym stopniu na roślinach, co skutkuje zmniejszoną zawartością EPA i DHA oraz zwiększoną zawartością kwasów tłuszczowych omega-6 w mięsie tych ryb [63], co może mieć znaczenie w kontekście wpływu zwiększenia spożycia ryb na zdrowie ludzi obecnie i w przyszłości. Biorąc to pod uwagę, konieczne wydaje się prowadzenie nowych badań interwencyjnych mających na celu ocenę wpływu zwiększenia spożycia ryb dostępnych obecnie na rynku na parametry lipidowe.

1.2.6. Łosoś atlantycki (*Salmo salar*) jako gatunek ryb będący źródłem witaminy D i kwasów tłuszczowych EPA i DHA

Łosoś atlantycki jako gatunek zaliczany do ryb tłustych jest w diecie człowieka dobrym źródłem zarówno witaminy D, jak i kwasów tłuszczowych omega-3, szczególnie EPA i DHA [3]. Zgodnie z polskimi tabelami składu i wartości odżywczej, 100 g łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) dostarcza ok. 13 µg witaminy D [30], jednakże wśród

dostępnych na polskim rynku są również wędzone łososie atlantyckie zawierające znacznie więcej, bo aż 21,3 μg witaminy D w 100 g [64]. Oznacza to, że gdyby produkt ten był spożywany w ilościach odpowiadających rekomendowanemu spożyciu ryb (od 100 do 482 g tygodniowo [14]), dostarczałby on od 3,0 do 14,7 μg witaminy D dziennie, co stanowi od 20 do 98% dziennego zapotrzebowania na tę witaminę, które wynosi 15 μg [43]. Te same ilości wędzonego łososia atlantyckiego dostarczałyby również od 201 do 970 mg kwasów tłuszczowych omega-3 dziennie, z czego od 87 do 420 mg stanowiłyby szczególnie istotne z punktu widzenia zdrowia kwasy EPA i DHA [65].

Nie mniej ważne jest to, że, ze względu na niską zawartość rtęci i dioksyn, hodowlany łosoś atlantycki został zaklasyfikowany przez ekspertów FAO/WHO odpowiednio do pierwszej i drugiej grupy pod kątem stężenia tych zanieczyszczeń (grup o najniższym stężeniu i niewielkim zagrożeniu z tego wynikającym) [66]. Fakt ten oraz wysokie zawartości EPA i DHA, pozwoliły FAO/WHO stwierdzić, że korzyści płynące ze spożywania hodowlanego łososia atlantyckiego przewyższają zagrożenia związane z potencjalnymi zanieczyszczeniami [66]. Z tego powodu, hodowlany łosoś atlantycki wydaje się być dobrym i bezpiecznym źródłem witaminy D oraz kwasów tłuszczowych omega-3 w diecie człowieka.

1.3. Cel i zakres pracy

Cel główny:

Analiza wiedzy i realizacji zaleceń żywieniowych dotyczących spożycia ryb oraz wpływu interwencji żywieniowych obejmujących zwiększenie spożycia łososia na wybrane wskaźniki stanu zdrowia młodych kobiet.

Cele szczegółowe:

1. Analiza wiedzy żywieniowej młodych Polek dotyczącej spożywania ryb (w tym wiedzy obejmującej zawartość składników odżywczych w rybach, aktualne zalecenia spożycia ryb, a także korzyści i potencjalne zagrożenia związane ze spożywaniem ryb). (publikacja 1)
2. Analiza wielkości spożycia ryb i jej determinantów oraz ocena stopnia realizacji zaleceń żywieniowych dotyczących spożycia ryb przez młode Polki. (publikacja 2)
3. Analiza wpływu zwiększenia spożycia łososia w dwóch różnych formach (łosoś wędzony i parówki z łososia) w okresie jesiennym na stan odżywienia witaminą D u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D. (publikacja 3)
4. Analiza wpływu zwiększenia spożycia ryb do poziomu zgodnego z zaleceniami, przez wprowadzenie do diety łososia wędzonego, na profil lipidowy u młodych kobiet o nadmiernej masie ciała. (publikacja 4)

Zakres pracy:

1. Badanie ankietowe przeprowadzone w populacji rekrutowanej na podstawie doboru losowego powiatów ze wszystkich województw w Polsce, analizujące wiedzę żywieniową dotyczącą spożywania ryb oraz wielkość i determinanty spożycia ryb wśród młodych Polek uczęszczających do szkół ponadpodstawowych, w porównaniu z ich rówieśnikami płci męskiej. (badanie 1)
2. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia łososia w dwóch różnych formach (łosoś wędzony i parówki z łososia) w okresie jesiennym na stan odżywienia witaminą D u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D, w porównaniu z grupą kontrolną. (badanie 2)
3. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia łososia wędzonego do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb na profil lipidowy młodych kobiet o nadmiernej masie ciała, w porównaniu z grupą kontrolną. (badanie 3)

1.4. Hipotezy badawcze

Sformułowano następujące hipotezy badawcze:

1. Większość młodych Polek wie, jakie składniki odżywcze zawierają ryby oraz jakie są aktualne zalecenia spożycia ryb. (*publikacja 1*)
2. Większość młodych Polek spożywa mniej niż zalecane dwie porcje ryb tygodniowo. (*publikacja 2*)
3. Płeć żeńska, starszy wiek oraz zamieszkanie w regionie z dostępem do morza związane są z wyższym spożyciem ryb, niż w przypadku płci męskiej, młodszego wieku oraz zamieszkania w regionie bez dostępu do morza. (*publikacja 2*)
4. Istnieje korelacja między wiedzą żywieniową dotyczącą ryb a wielkością spożycia ryb. (*publikacja 2*)
5. Zwiększenie spożycia ryb przez wprowadzenie do diety łososia lub produktów z łososia, pozwala na spowolnienie obniżenia stężenia 25(OH)D w surowicy krwi w okresie jesiennym u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D. (*publikacja 3*)
6. Wpływ zwiększenia spożycia łososia na stężenie 25(OH)D w surowicy krwi jest jednakowy w przypadku różnych produktów z łososia, jeśli produkty te dostarczają takiej samej ilości witaminy D. (*publikacja 3*)
7. Zwiększenie spożycia łososia do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb przyczynia się do obniżenia stężenia triglicerydów oraz podwyższenia stężenia cholesterolu frakcji HDL w surowicy krwi młodych kobiet o nadmiernej masie ciała. (*publikacja 4*)
8. Zwiększenie spożycia łososia do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb ma szczególnie pozytywny wpływ na zdrowie młodych kobiet z nadmierną masą ciała o stosunku obwodu talii do wzrostu (ang. *waist-to-height ratio*, WHtR) powyżej 0,5. (*publikacja 4*)

1.5. Materiał i metodyka badań – najważniejsze informacje

1.5.1. Informacje ogólne

Przedstawione w tym rozdziale informacje są jedynie częścią wszystkich informacji dotyczących materiału i metodyki przeprowadzonych badań. Wszystkie szczegółowe informacje znajdują się w publikacjach naukowych (*publikacja 1, publikacja 2, publikacja 3, publikacja 4*), które stanowią niniejszą rozprawę doktorską i są załączone na końcu niniejszej pracy (Rozdział 2. Kopie publikacji składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów).

Na przeprowadzenie badań uzyskano zgodę Komisji Etyki Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW) w Warszawie (zgoda numer 27/2018) oraz Komisji Bioetycznej Państwowego Instytutu Medycznego Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji (zgoda numer 2/2021).

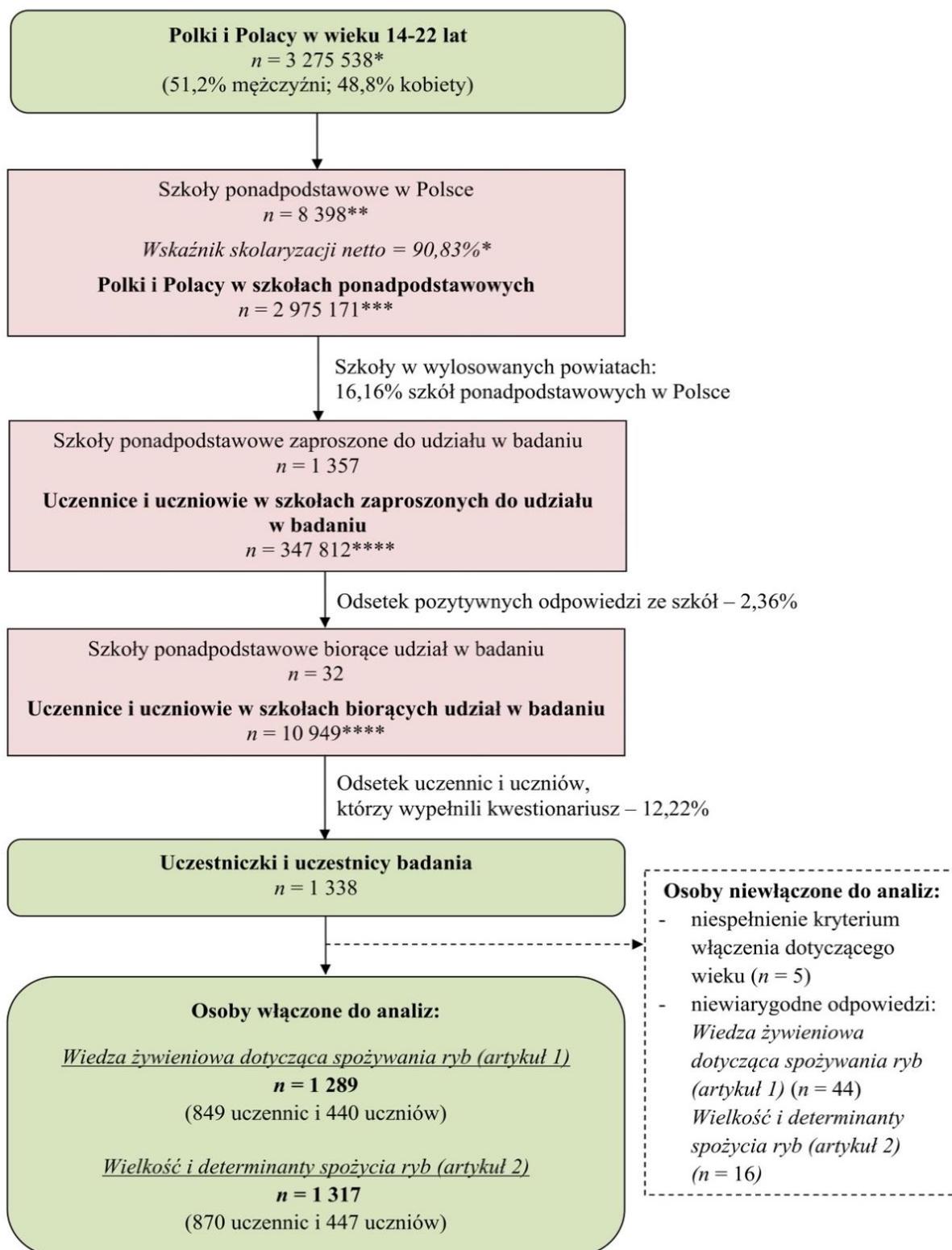
1.5.2. Ogólnopolskie badanie ankietowe analizujące wiedzę żywieniową dotyczącą spożywania ryb oraz wielkość i determinanty spożycia ryb wśród młodych Polek uczęszczających do szkół ponadpodstawowych (badanie 1, publikacja 1 i publikacja 2)

Grupa badana

Badanie zostało przeprowadzone w ogólnokrajowej próbie polskich uczennic i uczniów szkół ponadpodstawowych. Listę szkół ponadpodstawowych w Polsce uzyskano z internetowej Wyszukiwarki Rejestru Szkół i Placówek Oświatowych Ministerstwa Edukacji Narodowej [67]. Uwzględniono następujące typy szkół ponadpodstawowych: licea ogólnokształcące, licea profilowane, szkoły branżowe, technika oraz licea plastyczne. Współczynnik skolaryzacji netto dla tych pięciu typów szkół ponadpodstawowych wynosi 90,83% [68], dlatego stwierdzono, iż przeprowadzenie badania w szkołach ponadpodstawowych pozwoli na uzyskanie próby jak najbardziej zbliżonej do reprezentatywnej. Zastosowano dwuetapowy warstwowy losowy dobór próby: (1) losowy dobór powiatów ze wszystkich województw w Polsce oraz (2) zaproszenie do udziału w badaniu wszystkich szkół ponadpodstawowych z wylosowanych powiatów. W ramach zastosowanej procedury rekrutacyjnej: (1) z każdego województwa (16 województw w Polsce) wylosowano 30% powiatów, co dało łącznie 115 powiatów oraz (2) zaproszono do badania uczennice i uczniów ze wszystkich

szkół ponadpodstawowych ze wszystkich wylosowanych powiatów, co dało łącznie 1357 szkół.

Dyrektorzy i/ lub osoby pracujące w sekretariacie każdej wylosowanej szkoły otrzymały e-mailowe zaproszenie do udziału w badaniu, a także informacje o jego celu i zakresie. Ostatecznie w badaniu wzięło udział 1 338 uczennic i uczniów z 32 szkół ponadpodstawowych ze wszystkich siedmiu makroregionów Polski [69], których dyrektorzy wyrazili chęć uczestnictwa w badaniu. Oszacowana minimalna liczebność próby dla populacji Polek i Polaków w wieku 14-22 lat (3 275 538 osób) na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) dla 2021 roku [68], przy 95% poziomie ufności, 5% marginesie błędu i wielkości frakcji na poziomie 50% wyniosła 384 osób, dlatego stwierdzono, że zgromadzona grupa badana licząca 1 338 osób jest wystarczająco liczna. Szczegółowy schemat procedury doboru próby do badania został przedstawiony na Rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat procedury doboru próby do ogólnopolskiego badania ankietowego analizującego wiedzę żywieniową dotyczącą spożywania ryb oraz wielkość i determinanty spożycia ryb wśród młodych Polek uczęszczających do szkół ponadpodstawowych.

* na podstawie danych GUS dla 2021 roku [68]; ** na podstawie danych z Wyszukiwarki Rejestru Szkół i Placówek Oświatowych Ministerstwa Edukacji Narodowej dla 2021 roku [67]; *** obliczone na podstawie danych GUS dla 2021 roku [68]; **** obliczone na podstawie danych z Wyszukiwarki Rejestru Szkół i Placówek Oświatowych Ministerstwa Edukacji Narodowej dla 2021 roku [67].

Udział w badaniu był dobrowolny. Uczennice i uczniowie chętni do udziału w badaniu otrzymali elektroniczny link do kwestionariusza przygotowanego w Google Forms, a dane były zbierane metodą wywiadu internetowego wspomaganego komputerowo (ang. *Computer-Assisted Web Interview*, CAWI). Do szkół biorących udział w badaniu przekazane zostały również informacje dotyczące tego, w jaki sposób badanie powinno zostać przeprowadzone tzn., że rodzice/ opiekunowie prawni oraz nauczyciele nie powinni pomagać uczennicom i uczniom w wypełnianiu kwestionariusza oraz że możliwe jest wypełnienie go na telefonie komórkowym, choć bardziej komfortowe będzie skorzystanie z komputera. Kwestionariusz był anonimowy, nie zbierał żadnych danych umożliwiających identyfikację respondentek i respondentów, ale umożliwiał weryfikację kryteriów włączenia i wyłączenia.

Kryteriami włączenia do badania były: wiek 14-22 lat, płeć: żeńska i męska (płeć męska jako grupa odniesienia dla niniejszej dysertacji), uczęszczanie do szkoły ponadpodstawowej uczeźszczenie do szkoły wylosowanej w ramach doboru do badania, wyrażenie świadomej zgody na udział w badaniu. Kryteria wykluczenia z badania były następujące: jakiegokolwiek brakujące dane w wypełnionym kwestionariuszu lub jakiegokolwiek niewiarygodne odpowiedzi w wypełnionym kwestionariuszu.

Kwestionariusz

Kwestionariusz wykorzystany w badaniu składał się z trzech głównych części: części pierwszej (1) weryfikującej dane socjo-demograficzne, części drugiej (2) związanej z analizą wiedzy żywieniowej dotyczącej spożywania ryb i części trzeciej (3) dotyczącej wielkości spożycia ryb. Na część pierwszą (1) składały się pytania zamknięte dotyczące płci uczestniczki/ uczestnika, miejsca zamieszkania (nazwy województwa), wielkości miejscowości zamieszkania oraz rodzaju szkoły, do której uczeźszcza, a także pytania otwarte dotyczące wieku, wzrostu i masy ciała respondentki/ respondenta. Na podstawie odpowiedzi dotyczących wzrostu i masy ciała obliczono wskaźnik masy ciała (ang. *Body Mas Index*, BMI) każdej osoby. Prawidłowość BMI oceniono przy użyciu polskich siatek centylowych [70] w przypadku osób niepełnoletnich (5–85 centyl jako prawidłowa masa ciała [71]), a w przypadku osób dorosłych przy użyciu standardowych punktów odcięcia WHO (18,5–25,0 kg/m² jako prawidłowa masa ciała [72]).

Część drugą (2) kwestionariusza stanowiły stwierdzenia związane z wiedzą żywieniową dotyczącą ryb, które przygotowano na podstawie badania Burger i Gochfeld [73], analizującego wiedzę na temat korzyści i zagrożeń związanych ze spożywaniem

ryb. Na podstawie wyników tego badania [73] przygotowano listę 20 stwierdzeń dotyczących składników odżywczych znajdujących się w rybach, korzyści i potencjalnych zagrożeń związanych ze spożywaniem ryb oraz aktualnych zaleceń spożycia ryb. Tę część kwestionariusza nazwano testem wiedzy o rybach. Stwierdzenia w teście zostały celowo umieszczone w nieuporządkowanej kolejności, tak aby nie wszystkie stwierdzenia z jednej kategorii następowały po sobie, co miało na celu ograniczenie błędu porządku (związanego z kolejnością pytań). Również celowo stwierdzenia zostały sformułowane w taki sposób, aby liczba poprawnych i błędnych stwierdzeń była zbliżona, co miało na celu ograniczenie błędu konfirmacji. Ostateczna wersja tej części kwestionariusza zawierała dwanaście stwierdzeń prawdziwych i osiem stwierdzeń fałszywych, które sformułowane zostały językiem potocznym, tak żeby były zrozumiałe dla osób wypełniających kwestionariusz. Osoby biorące udział w badaniu miały za zadanie określić, czy dane stwierdzenie jest prawidłowe czy fałszywe. Miały również możliwość zaznaczenia odpowiedzi „nie wiem”. Za każdą poprawną odpowiedź (prawidłowe wskazanie czy stwierdzenie jest prawdziwe czy fałszywe) osoby biorące udział w badaniu otrzymywały 1 punkt, za każdą niepoprawną odpowiedź lub zaznaczenie odpowiedzi „nie wiem” – 0 punktów. Łącznie w teście wiedzy o rybach możliwe było uzyskanie maksymalnie 20 punktów. Analizowano zarówno sumę punktów z testu, jak i każde ze stwierdzeń osobno. Stwierdzenia zawarte w kwestionariuszu wraz z poprawnymi odpowiedziami przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Stwierdzenia dotyczące ryb (składniki odżywcze w rybach, korzyści i potencjalne zagrożenia związane ze spożywaniem ryb, aktualne zalecenia spożycia ryb) wraz z poprawnymi odpowiedziami.

L.p.	Stwierdzenie	Poprawna odpowiedź
1.	Ryby są dobrym źródłem białka.	Prawda
2.	Ryby zawierają dużo błonnika.-	Fałsz
3.	Ryby są dobrym źródłem witaminy D.	Prawda
4.	Ryby zawierają dużo niezdrowych tłuszczów.	Fałsz
5.	Ryby są dobrym źródłem zdrowych tłuszczów.	Prawda
6.	Jedzenie ryb ma korzystny wpływ na serce.	Prawda
7.	Jedzenie ryb ma niekorzystny wpływ na mózg.	Fałsz
8.	Jedzenie ryb ma korzystny wpływ na cały organizm.	Prawda
9.	Ryby zawierają duże ilości zdrowych tłuszczów „trans”.	Fałsz
10.	Jedzenie ryb pomaga obniżyć poziom cholesterolu.	Prawda
11.	Ryby są dobrym źródłem witaminy C.	Fałsz
12.	Jedzenie ryb może wywoływać alergie.	Prawda
13.	Ryby mogą zawierać bakterie lub pasożyty.	Prawda
14.	Dzieci i młodzież nie powinny jeść ryb.	Fałsz
15.	Jedzenie ryb jest polecane kobietom w ciąży.	Prawda
16.	Ryby mogą zawierać zanieczyszczenia.	Prawda
17.	Ryby powinno się jeść maksymalnie raz w tygodniu.	Fałsz
18.	Ryby mogą zawierać dioksyny.	Prawda
19.	Dorsz należy do ryb tłustych.	Fałsz
20.	Ryby mogą zawierać rtęć.	Prawda

Część trzecia (3) kwestionariusza zawierała pytania pozwalające oszacować indywidualne spożycie ryb uczestniczek i uczestników badania. Ze względu na fakt, że na polskim rynku dostępnych jest wiele przetworów rybnych, o których spożyciu można zapomnieć będąc zapytany o spożycie ryb, kwestionariusz zawierał osobno pytania dotyczące spożycia ryb i osobno pytania dotyczące spożycia przetworów rybnych. Do analizy danych, a także przedstawienia wyników użyto sumy spożycia ryb i przetworów rybnych. Na trzecią część kwestionariusza składały się cztery pytania:

- (1) „Jak często spożywasz ryby (np. pieczone, smażone, gotowane, paluszki rybne, kotlety z ryb, itd.)?” – pytanie zamknięte z pięcioma możliwymi odpowiedziami: „Nigdy”, „Rzadziej niż 1 raz w miesiącu”, „1-3 razy w miesiącu”, „1-2 razy w tygodniu” lub „3 lub więcej razy w tygodniu”;
- (2) „Ile zazwyczaj wynosi porcja ryby, którą spożywasz (w gramach)?” – pytanie otwarte;
- (3) „Jak często spożywasz przetwory rybne (np. ryby z puszki, ryby wędzone, ryby w śmietanie/ oleju, pasty rybne, itd.)?” – pytanie zamknięte z pięcioma możliwymi odpowiedziami: „Nigdy”, „Rzadziej niż 1 raz w miesiącu”, „1-3 razy w miesiącu”, „1-2 razy w tygodniu” lub „3 lub więcej razy w tygodniu”;

(4) „Jak duża jest zazwyczaj porcja przetworów rybnych, którą spożywasz (w gramach)” – pytanie otwarte.

Pytania (1) i (3) opracowano na podstawie pytań z krótkiego kwestionariusza częstotliwości spożycia do oceny spożycia owoców morza i suplementów omega-3, który został zwalidowany z wykorzystaniem biomarkerów u osób dorosłych przez Dahl i wsp. [74], natomiast pytania (2) i (4) zostały opatrzone zdjęciami z przykładowymi porcjami ryb lub przetworów rybnych (w zależności od pytania) z Albumu fotografii produktów i potraw [75] wraz z podaną gramaturą w celu ułatwienia oszacowania wielkości typowo spożywanej porcji.

Przed badaniem właściwym przeprowadzono badanie pilotażowe wśród 28 uczniów i uczennic uczęszczających do szkół niebiorących udziału w badaniu, aby upewnić się, że wszystkie pytania są zrozumiałe i że nie wystąpią problemy techniczne.

Determinantami, które zostały uwzględnione przy analizie danych były: płeć, wiek, BMI, miejsce zamieszkania, wielkość miejscowości zamieszkania i rodzaj szkoły, do której uczęszcza respondentka/ respondent. Miejsce zamieszkania zostało przedstawione jako makroregion – będący jednostką administracyjną Polski w oparciu o kategorie stosowane przez GUS w ramach regulacji Unii Europejskiej dotyczącej podziału ekonomicznego terenów Unii Europejskiej na regiony na 3 różnych poziomach [69].

Wszelkie bardziej szczegółowe informacje dotyczące tego badania zawarte są w *publikacji 1* i *publikacji 2* (w języku angielskim).

1.5.3. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia lososia w dwóch różnych formach (łosos wędzony i parówki z lososia) w okresie jesiennym na stan odżywienia witaminą D u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D (badanie 2, publikacja 3)

Grupa badana

Uczestniczki zostały zrekrutowane do badania za pomocą wygodnego doboru próby. Zaproszenie do udziału w badaniu zostało zamieszczone w uczelnianych mediach społecznościowych, przy czym dopuszczono również efekt kuli śnieżnej. Kryteriami włączenia do badania były: płeć żeńska, wiek 18-30 lat, zamieszkanie w Warszawie lub okolicach (umożliwiające kilkukrotne przybycie do Poradni Dietetycznej Katedry Dietetyki SGGW w Warszawie w trakcie trwania badania) oraz wyrażenie pisemnej świadomej zgody na udział w badaniu. Kryteria wykluczenia były następujące: ciąża, laktacja, otyłość (zdefiniowana jako $BMI \geq 30,0 \text{ kg/m}^2$), stosowanie diety wegańskiej lub innej wykluczającej ryby, stosowanie suplementów witaminy D co najmniej 3 tygodnie

przed rozpoczęciem badania, alergia na ryby i/ lub owoce morza, choroby wpływające na metabolizm witaminy D, stosowanie leków wpływających na metabolizm witaminy D, planowane podróże do miejsc położonych poniżej 40 równoleżnika północnego oraz planowana ekspozycja na promieniowanie ultrafioletowe solarium w czasie trwania badania.

Łącznie 120 kobiet spełniło założone kryteria i zostało losowo przydzielonych do jednej z trzech grup badanych (grupa 1 – grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego, grupa 2 – grupa interwencyjna spożywająca parówki z łososia i grupa 3 – grupa kontrolna) z 40 uczestniczkami w każdej grupie. Zastosowano losowy przydział do grupy badanej przy użyciu warstwowej randomizacji blokowej, ze stratyfikacją opartą na wyjściowym stężeniu 25(OH)D w surowicy krwi. Przydział ten zapewnił, że wyjściowe średnie stężenia 25(OH)D były podobne we wszystkich grupach. Uczestniczki badania nie otrzymały żadnej rekompensaty pieniężnej za udział w badaniu. W ramach udziału w badaniu otrzymały jednak bezpłatną ocenę stężenia 25(OH)D w surowicy krwi oraz analizę składu ciała (obie trzy razy w trzech punktach czasowych), a uczestniczki w grupach interwencyjnych otrzymały dodatkowo produkty interwencyjne.

Interwencja dietetyczna

Interwencję zaplanowano na poziomie 175 g łososia wędzonego tygodniowo, aby spełnić zalecenia dotyczące spożycia ryb, które w większości krajów europejskich i w USA wynoszą około 150-300 g tygodniowo [14] oraz aby ilość była potencjalnie łatwa do włączenia do codziennej diety. Ilość parówek z łososia została dostosowana tak, aby zapewnić podobne spożycie witaminy D w obu grupach interwencyjnych, średnio około 5 µg dziennie, co dało ostateczną ilość wynoszącą 700 g parówek z łososia tygodniowo. Zawartość witaminy D w dziennej porcji produktów interwencyjnych wynosiła 4,4 µg w parówkach z łososia i 5,3 µg w łososiu wędzonym. Taka ilość witaminy D pokrywa około jedną trzecią zalecanego dziennego spożycia w Polsce, które obecnie wynosi 15 µg [43].

Biorąc pod uwagę opisane założenia, w zależności od przydzielonej grupy, każda osoba została poproszona o włączenie do swojej diety 25 g łososia wędzonego (grupa 1) lub 100 g parówek z łososia (2 parówki; grupa 2) dziennie lub o niezmiennianie niczego w swojej diecie (grupa 3).

Uczestniczki z grup 1 i 2 mogły alternatywnie spożywać dwukrotnie większą porcję, ale co drugi dzień, mianowicie: grupa 1 – 50 g łososia wędzonego, a grupa 2 –

200 g parówek z łososia (4 parówki), w zależności od chęci. W związku z tym oceniono, czy istniały różnice dotyczące częstotliwości spożywania produktów interwencyjnych codziennie lub co drugi dzień między obiema grupami interwencyjnymi (wyłączając uczestniczki deklarujące zmienną częstość spożywania). Wykazano istotne statystycznie różnice ($p=0,002$) pomiędzy grupami. Uczestniczki z grupy spożywającej parówki z łososia częściej spożywały produkt interwencyjny codziennie w porównaniu z uczestniczkami z grupy spożywającej łososia wędzonego (odpowiednio 44,5% vs. 18,5%). I odwrotnie, uczestniczki z grupy spożywającej łososia wędzonego spożywały produkt interwencyjny częściej co drugi dzień w porównaniu z uczestniczkami z grupy spożywającej parówki z łososia (odpowiednio 52,5% vs. 11,0%).

W przypadku pominięcia spożycia łososia wędzonego lub parówek z łososia, uczestniczki były proszone o spożycie ich tak szybko, jak to było to możliwe. Dopuszczono spożywanie produktów interwencyjnych w takiej postaci, w jakiej były, a także poddawanie ich dodatkowej obróbce cieplnej. Uczestniczki badania zostały poinstruowane, aby poza produktami dodawanymi w ramach interwencji, nie zmieniały swojej zwyczajowej diety w zakresie spożycia ryb i wszelkich innych produktów, podczas gdy produkty włączone w ramach interwencji miały zostać wprowadzone na miejsce innych produktów będących źródłem białka, które były przez uczestniczki zwyczajowo spożywane. Ponadto poproszono je, aby poza interwencją nie wykluczały ani nie dodawały ryb do swojej diety w sposób, który zakłóciłby ich typowe zwyczaje żywieniowe. W związku z tym uczestniczki z grupy kontrolnej mogły spożywać dowolne ryby, w tym łososia, podczas gdy uczestniczki z grup interwencyjnych mogły spożywać także dodatkowe ryby, w tym łososia, ale tylko wtedy, gdy było to zgodne z ich dotychczasowym sposobem odżywiania.

Ze względu na doniesienia, że spożycie produktów zawierających witaminę D na czczo zwiększa jej biodostępność, z uwagi na niskie pH żołądka (około 1) [42], przeprowadzono dodatkową analizę dotyczącą częstości spożywania produktów interwencyjnych na czczo (w ramach pierwszego posiłku w ciągu dnia). Nie zaobserwowano jednak różnic między grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą spożywającą parówki z łososia (55% vs. 63%; $p=0,714$; chi-kwadrat).

Zarówno łosoś wędzony, jak i parówki z łososia, które wykorzystano w badaniu, pochodziły od jednego producenta, jednego z wiodących sprzedawców łososia w Polsce (Suempol Polska Sp. z o.o.). Dostarczone produkty pochodziły z tej samej partii i znajdowały się na identycznych tackach z plastrami łososia wędzonego lub parówkami

z łososia i były zapakowane w zmodyfikowanej atmosferze. Zarówno łosoś wędzony, jak i parówki z łososia zostały wyprodukowane z hodowlanego łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) pochodzącego z Norwegii. Ze względu na doniesienia dotyczące dużego zróżnicowania zawartości witaminy D w różnych próbkach łososi [76], zawartość witaminy D w użytych produktach interwencyjnych została oznaczona przez wiodące laboratorium analityczne w Europie – Eurofins Vitamin Testing Denmark (EN 12821:2009-08 [77], LC-DAD, akredytowana metodyka nr 581). Wartość odżywcza użytego w badaniu łososia wędzonego i parówek z łososia przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Wartość odżywcza łososia wędzonego i parówek z łososia użytych w interwencji (przedstawiona na 100 g produktu, co odpowiada dziennej porcji parówek z łososia i czterem dziennym porcjom łososia wędzonego zaplanowanych w ramach interwencji dietetycznej).

Wartość odżywcza	Łosoś wędzony, 100 g	Parówki z łososia, 100 g
Energia, kcal	176,0	241,0
Tłuszcz, g	9,9	16,7
Nasycone kwasy tłuszczowe, g	1,7	2,6
Węglowodany, g	1,0	11,4
Białko, g	20,1	11,6
Sól, g	1,7	1,5
Kwasy tłuszczowe omega-3, g	1,4	–
EPA + DHA, mg	610	360
Witamin D3, µg	21,3 ± 5,55	4,41 ± 1,15

EPA + DHA – suma kwasów eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA)

Skład łososia wędzonego użytego w interwencji obejmował łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) i sól, podczas gdy parówki z łososia zawierały: łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) 85%, wodę, sól, ekstrakty przypraw, glukozę, aromaty, skrobię ziemniaczaną, błonnik roślinny i skrobię grochową.

Ze względu na to, że pH wydaje się wpływać na biodostępność i/ lub wchłanianie witaminy D [42], oceniono również pH łososia wędzonego i parówek z łososia użytych w interwencji. Pomiary pH przeprowadzono metodą potencjometryczną przy użyciu ręcznego pH-metru (Testo AG 205, Lenzkirch, Niemcy) skalibrowanego względem dwóch buforów (pH=4,01; pH=7,00). Każdy produkt był poddany analizie w co najmniej pięciu powtórzeniach. Średnie pH parówek z łososia było nieco wyższe niż łososia wędzonego (6,49 vs. 6,15; $p=0,004$; test U Manna-Whitneya). Analizy innych autorów wskazują jednak, że nie ma różnic w stabilności witaminy D przy wartościach pH między 5 a 8, co sugeruje, że pH użytych produktów nie stanowiło czynnika zakłócającego [78].

Aby ułatwić przestrzeganie zaleceń interwencji i zapewnić, że uczestniczki badania spożywają produkty rybne o tej samej wartości odżywczej, produkty te były dostarczane

uczestniczkom i finansowane w ramach badania. Uczestniczki były proszone o ich odbiór co dwa tygodnie w Poradni Dietetycznej Katedry Dietetyki SGGW w Warszawie, gdzie przeprowadzono badanie. Ponadto, w celu zminimalizowania błędu związanego z pominięciem spożycia produktów, uczestniczki codziennie wypełniały kartę kontrolną, w której odnotowywały produkty spożywane w ramach interwencji. Za każdym razem, gdy uczestniczki odbierały produkty interwencyjne, oddawały kartę kontrolną i były pytane o to, czy udało im się spożyć wszystkie produkty, z jaką częstotliwością (codziennie czy co drugi dzień) je spożywały, czy im smakowały i jak oceniają swoje samopoczucie w związku z interwencją.

Pomiary

Badanie podzielono na dwie części, po cztery tygodnie każda, aby ocenić stan zdrowia uczestniczek przed, w połowie i po zakończeniu interwencji. W związku z tym uczestniczkom trzykrotnie zmierzono stan odżywienia witaminą D – przed interwencją (na początku badania, t0), cztery tygodnie po rozpoczęciu interwencji (w 5. tygodniu badania, t5) i po ośmiu tygodniach interwencji (tydzień końcowy, tk). Analogicznie przeprowadzano pomiary antropometryczne, a uczestniczki wypełniły kwestionariusz oceniający spożycie witaminy D również przed, w trakcie (w 5. tygodniu) i po zakończeniu interwencji.

Stan odżywienia witaminą D

Stan odżywienia witaminą D był oceniany na podstawie pomiaru stężenia 25(OH)D w surowicy krwi. Próbkę krwi żyłnej były pobierane od uczestniczek badania przez pielęgniarki w czterech certyfikowanych laboratoriach analiz medycznych w Warszawie (ALAB Laboratoria Sp. z o.o.), a uczestniczki mogły wybrać preferowaną lokalizację. Do pobrania krwi uczestniczki nie musiały być na czczo. Stężenie 25(OH)D w surowicy krwi oceniono na analizatorze ALINITY I firmy Abbott przy użyciu metody bezpośredniej chemiluminescencji. Ze względu na różne definicje prawidłowego poziomu witaminy D [79], uzyskane wyniki stężenia 25(OH)D w surowicy krwi porównano z dwoma różnymi zakresami wartości referencyjnych:

- <50 nmol/l – niedobór, 50-250 nmol/l – stężenie odpowiednie, >250 nmol/l – stężenie potencjalnie toksyczne [33,34];
- <75 nmol/l – niedobór, 75-250 nmol/l – stężenie odpowiednie, >250 nmol/l – stężenie potencjalnie toksyczne [35].

Aby zminimalizować wpływ znajomości własnych wyników stanu odżywienia witaminą D na styl życia w trakcie trwania badania (zwłaszcza w kontekście spożywania pokarmów o dużej zawartości witaminy D i przyjmowania suplementów witaminy D), a także w celu poprawy stopnia stosowania się do założeń badania, uczestniczki otrzymały swoje wyniki pomiaru stężenia 25(OH)D w surowicy krwi dopiero po zakończeniu badania.

Pomiary antropometryczne

Pomiary antropometryczne przeprowadzono przy użyciu urządzenia ACCUNIQ BC720 (Selvas Healthcare, Daejeon, Korea Południowa), które umożliwia pomiar masy ciała za pomocą skalibrowanej wagi (dokładność: $\pm 0,5$ kg, zakres: 10-270 kg) i wzrostu za pomocą skalibrowanego stadiometru ultradźwiękowego (dokładność: $\pm 0,1$ cm, zakres: 50-220 cm), a także oszacowanie masy tkanek miękkich, zawartości wody, masy tłuszczowej, masy beztłuszczowej i zawartości tkanki kostnej.

Urządzenie ACCUNIQ BC720 dokonuje oceny składu ciała w oparciu o pomiary impedancji bioelektrycznej (zakres: 100-950 Ω), przy użyciu ośmiu elektrod, wykorzystując sześć różnych częstotliwości (1, 5, 50, 250, 550, 1000 kHz), które są następnie przeliczane przez wbudowany program na zawartość poszczególnych tkanek dla poszczególnych części ciała. Przyjęto, że masa odzieży wynosi 0,5 kg, co zostało automatycznie odjęte przez wbudowany w urządzenie program.

Uczestniczki badania zostały poinstruowane jak przygotować się do pomiarów antropometrycznych, tj. nie spożywać alkoholu na 24 godziny przed badaniem, unikać intensywnego wysiłku fizycznego w dniu badania, nie pić płynów na 3 godziny przed badaniem, nie jeść na 4 godziny przed badaniem, oddać mocz tuż przed badaniem, założyć lekką odzież bez metalowych elementów (np. bezzszybony biustonosz sportowy) oraz zdjąć wszelkie metalowe elementy (np. biżuterię, zegarki), a także cięższą odzież, taką jak sweter, a także buty i skarpety przez rozpoczęciem badania.

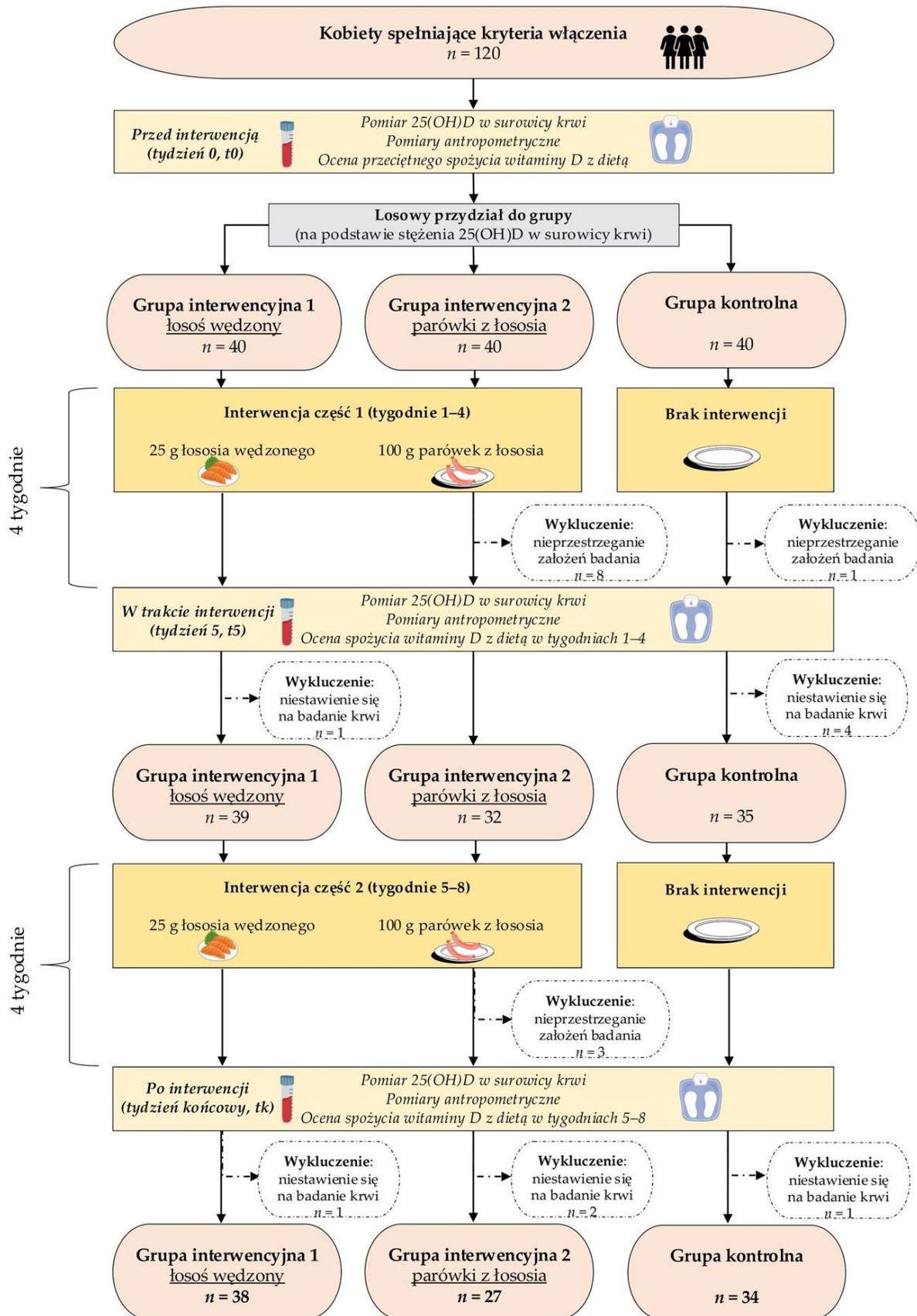
Podczas pomiarów przekazano uczestnikom jedynie wyniki dotyczące masy ciała i wzrostu, natomiast wyniki dotyczące składu ciała zostały im przekazane po zakończeniu badania w celu poprawy stopnia stosowania się do założeń badania. Pomiary antropometryczne zostały przeprowadzone w Poradni Dietetycznej Katedry Dietetyki SGGW w Warszawie.

Kwestionariusz

Aby ocenić spożycie witaminy D, wszystkie uczestniczki wypełniły dostosowany do specyfiki badania kwestionariusz częstotliwości spożycia witaminy D (ang. *Vitamin D Estimation Only–Food Frequency Questionnaire*, VIDEO-FFQ), który został wcześniej zwalidowany wśród młodych kobiet w wieku 20-30 lat [80]. Kwestionariusz ten został dostosowany do specyfiki badania, ponieważ nie uwzględnia on parówek z łososia. Z tego powodu dodano do niego dodatkowe pytanie dotyczące ich spożycia. Aby obliczyć dzienne spożycie witaminy D, podany przez autorów kwestionariusza wzór [80] został skorygowany poprzez dodanie wielkości spożycia witaminy D z parówek z łososia do otrzymanej sumy – przy założeniu, że 100 g parówek z łososia (dzienna porcja) dostarcza 4,41 µg witaminy D (jak przedstawiono w Tabeli 2). Co więcej, zawartość witaminy D w łososiu wędzonym użytym w interwencji wynosiła 21,32 µg/ 100 g (jak przedstawiono w Tabeli 2), podczas gdy oryginalna wersja kwestionariusza [80] zakładała średnią zawartość 15 µg/ 100 g. W związku z tym zmierzona zawartość witaminy D (21,32 µg/ 100 g) została wykorzystana we wzorze do obliczenia dziennego spożycia witaminy D dla wszystkich porcji łososia wędzonego spożywanych przez uczestniczki z grupy interwencyjnej 1 (spożywającej łososia wędzonego). Kwestionariusz został przygotowany w Google Forms, a link do niego był wysyłany do uczestniczek za pośrednictwem poczty elektronicznej.

Przebieg badania

Przebieg badania przedstawiono na Rysunku 2. W trakcie badania niektóre uczestniczki zrezygnowały z udziału, a inne zostały wykluczone z powodu nieprzestrzegania założeń badania, w tym niestawienia się na pobranie krwi. Całkowity odsetek osób, które nie ukończyły badania wyniósł 17,5%, a do analiz włączono ostatecznie 99 uczestniczek.



Rysunek 2. Przebieg przeprowadzonego badania interwencyjnego dotyczącego wpływu zwiększenia spożycia łososia w dwóch różnych formach (łosoś wędzony lub parówki z łososia) w okresie jesiennym na stan odżywienia witaminą D u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D.

Wielkość próby wymagana do analiz została obliczona na podstawie populacji kobiet w wieku 19-30 lat w województwie mazowieckim w roku 2022 (318 200, zgodnie z danymi GUS [81]). Przyjmując odsetek osób z otyłością wynoszący 25,9% dla tej grupy [82], liczba kobiet bez otyłości wynosiła 235 786. Zastosowano 95% poziom ufności, 10% margines błędu i 20% częstość występowania niskich stężeń witaminy D (<25 nmol/l) [83], co dało szacunkową wymaganą wielkość próby wynoszącą 61 osób. Z tego względu grupę 99 kobiet, które ukończyły udział w badaniu i zostały włączone do analiz uznano za wystarczającą.

Ze względu na fakt, że suplementacja witaminą D jest powszechnie zalecana w populacji polskiej [35], zaplanowano 3-tygodniowy okres *wash-out* dla osób, które dotychczas stosowały suplementację witaminą D. W sumie 20 z 99 uczestniczek (20,2%) zadeklarowało, że stosowało suplementację witaminą D w postaci suplementu witaminy D, oleju rybnego lub multiwitaminy. Pomimo okresu *wash-out*, ich początkowe stężenie 25(OH)D w surowicy krwi było wyższe niż osób, które nie stosowały tego typu suplementów (80,2 nmol/l vs. 61,2 nmol/l; $p=0,003$). Pomimo to, na zmiany stężenia 25(OH)D w surowicy krwi podczas interwencji nie miało wpływu to, czy uczestniczki przyjmowały suplementy witaminy D przed badaniem czy nie ($p=0,243$; $p=0,522$; $p=0,536$; t0-t5, t5-tk i t0-tk, przy porównaniu osób, które przyjmowały i nie przyjmowały suplementów witaminy D na 3 tygodnie przed badaniem). W związku z tym założono, że okres *wash-out* został zaplanowany prawidłowo.

Ponieważ stan odżywienia witaminą D ulega zmianom w ciągu roku, wszystkie uczestniczki zostały włączone do badania i ukończyły je w tym samym czasie. Interwencja została przeprowadzona jesienią i trwała od 24 października do 18 grudnia 2022 r. Powodem wyboru takiego czasu interwencji był fakt, że w krajach takich jak Polska synteza witaminy D w skórze, będąca głównym źródłem tej witaminy, jest możliwa tylko od kwietnia do października [28], a zdecydowano się przeprowadzić badanie tuż po tym okresie.

1.5.4. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia łososia wędzonego na profil lipidowy młodych kobiet o nadmiernej masie ciała (badanie 3, publikacja 4)

Grupa badana

Niniejsze badanie interwencyjne przeprowadzono wśród młodych kobiet o nadmiernej masie ciała. Uczestniczki zostały zrekrutowane do badania za pomocą wygodnego doboru próby. Zaproszenie do udziału w badaniu zostało zamieszczone w uczelnianych mediach społecznościowych, przy czym dopuszczono również efekt kuli śnieżnej. Kryteriami włączenia do badania były: płeć żeńska, wiek 18-30 lat, nadwaga lub otyłość (definiowana jako $BMI \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$ [84]), zamieszkanie w Warszawie lub jej okolicach (umożliwiające kilkukrotne przybycie do Poradni Dietetycznej Katedry Dietetyki SGGW w Warszawie w trakcie trwania badania) oraz wyrażenie pisemnej świadomej zgody na udział w badaniu. Kryteria wykluczenia były następujące: ciąża, laktacja, stosowanie diety wegańskiej lub innej wykluczającej ryby, alergia na ryby i/ lub owoce morza oraz stosowanie suplementów kwasów tłuszczowych omega-3.

Interwencja dietetyczna

Interwencja dietetyczna trwała osiem tygodni (od 18 grudnia 2021 do 11 lutego 2022 roku) i polegała na spożywaniu 200 g łososia wędzonego tygodniowo w celu zwiększenia spożycia kwasów tłuszczowych omega-3 (EPA i DHA). Wędzony łosoś użyty w badaniu pochodził od jednego producenta, Suempol Polska Ltd., jednego z wiodących polskich producentów łososia i był wyprodukowany z norweskiego hodowlanego łososia atlantyckiego (*Salmo salar*). Pochodził z tej samej partii i zapakowany był na identycznych tackach w atmosferze modyfikowanej.

Spożycie 200 g łososia tygodniowo jest zgodne z zaleceniami spożycia ryb, które w większości krajów europejskich i USA wynoszą około 150-300 g tygodniowo [14]. Zdecydowano się na użycie łososia wędzonego, a nie świeżego, ze względu na dłuższy okres przydatności do spożycia, a także fakt, że łosoś wędzony może być spożywany bez obróbki termicznej, a zatem jego włączenie do diety i regularne spożywanie jest łatwiejsze i szybsze w porównaniu do świeżego łososia.

Ze względu na duże zróżnicowanie zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w łososiu [85,86], ich zawartość w użytym produkcie została poddana analizie przez GBA Polska – polskie laboratorium badań żywności (numer akredytacji AB 1095; akredytacja od października 2009 r.). Wartość odżywcza łososia wędzonego

użytego w interwencji przedstawiono w Tabeli 3. Przeciętna dzienna podaż łososia wędzonego (około 28,6 g) dostarczała około 50 kcal, 5,8 g białka i 2,8 g tłuszczu, w tym 403 mg kwasów tłuszczowych omega-3, z czego EPA + DHA stanowiły 174 mg, co odpowiada 69,6% podaży na poziomie 250 mg EPA + DHA dziennie zalecanej przez EFSA [87].

Tabela 3. Wartość odżywcza łososia wędzonego użytego w interwencji w przeliczeniu na 100 g oraz w przeliczeniu na przeciętną dzienną podaż.

Wartość odżywcza	100 g	28,6 g (przeciętna dzienna podaż)
Energia, kcal	176	50,3
Tłuszcz, g	9,87	2,82
Kwasy tłuszczowe nasycone, g	1,70	0,49
Kwasy tłuszczowe jednonienasycone, g	5,23	1,49
Kwasy tłuszczowe wielonienasycone, g	2,94	0,84
Kwasy tłuszczowe omega-3, mg	1410	403
ALA, mg	450	129
EPA, mg	290	83
DHA, mg	320	91
EPA + DHA, mg	610	174
Kwasy tłuszczowe omega-6, mg	1270	363
Stosunek omega-6/omega-3	0,9	0,9
Kwasy tłuszczowe trans, g	<0,1	<0,1
Białko, g	20,12	5,75
Sól, g	1,67	0,48

ALA – kwas alfa-linolenowy; EPA – kwas eikozapentaenowy; DHA – kwas dokozaheksaenowy; EPA+DHA – suma kwasu eikozapentaenowego i dokozaheksaenowego

Wędzony łosoś był przekazywany uczestniczkom nieodpłatnie, aby ułatwić przestrzeganie zaleceń interwencji i zapewnić, że uczestniczki badania spożywają rybę o tej samej wartości odżywczej. Uczestniczki w grupie interwencyjnej otrzymywały 200 g łososia wędzonego tygodniowo, który był im przekazywany w czterech 50-gramowych opakowaniach. Ze względu na długi okres przydatności do spożycia, uczestniczki odbierały produkty raz na dwa tygodnie (otrzymując osiem 50-gramowych opakowań, tj. łącznie 400 g) w Poradni Dietetycznej Katedry Dietetyki SGGW w Warszawie, gdzie przeprowadzono badanie. Uczestniczki badania zostały poinstruowane, aby spożywać cztery opakowania łososia wędzonego tygodniowo (co odpowiada 200 g/tydzień). Mogły spożywać go w czterech oddzielnych 50 g porcjach w różnych dniach (50 g dziennie w ciągu czterech różnych dni w tygodniu) lub podzielić opakowania na mniejsze porcje, tak aby spożywać łososia codziennie przez cały tydzień. Zaznaczono jednak, że uczestniczki nie powinny spożywać więcej niż jedno opakowanie (50 g) w ciągu jednego dnia. Dodatkowo, aby zmniejszyć błąd związany z pominięciem

spożycia dostarczonego łososia wędzonego, uczestniczki wypełniały codzienną kartę kontrolną, która umożliwiała zarówno im jak i autorce niniejszej dysertacji monitorowanie spożycia produktu interwencyjnego.

Dopuszczono spożywanie łososia wędzonego w takiej postaci, w jakiej był, a także poddawanie go dodatkowej obróbce cieplnej. Uczestniczki badania zostały poinstruowane, aby poza łososiem dodanym do diety w ramach interwencji, nie zmieniały swojej zwyczajowej diety w zakresie spożycia ryb i wszelkich innych produktów, podczas gdy łosoś wędzony włączony w ramach interwencji miał zostać wprowadzony na miejsce innych produktów będących źródłem białka, które były przez uczestniczki zwyczajowo spożywane. Ponadto poproszono je, aby poza interwencją nie wykluczały ani nie dodawały ryb do swojej diety w sposób, który zakłóciłby ich typowe zwyczaje żywieniowe. W związku z tym uczestniczki z grupy kontrolnej mogły spożywać dowolne ryby, w tym łososia, podczas gdy uczestniczki z grupy interwencyjnej mogły spożywać także dodatkowe ryby, w tym łososia, ale tylko wtedy, gdy było to zgodne z ich dotychczasowym sposobem odżywiania.

Pomiary

Badanie składało się z dwóch etapów, z których każdy trwał cztery tygodnie, w celu oceny stanu zdrowia uczestniczek przed, w połowie i po zakończeniu pełnej ośmiotygodniowej interwencji. Trzykrotnie oceniono profil lipidowy oraz wykonano pomiary antropometryczne – na początku badania (przed interwencją, t0), w połowie badania (w 5. tygodniu, t5) i po ośmiu tygodniach interwencji (tydzień końcowy, tk).

Badanie krwi

W celu oceny profilu lipidowego, próbki krwi żyłnej zostały pobrane przez pielęgniarki z Niepublicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej SGGW w Warszawie i poddane analizie w certyfikowanym laboratorium analiz medycznych Diagnostyka S.A. w Warszawie. Do pobrania krwi uczestniczki zostały poproszone o bycie na czczo (niespożywanie posiłków na 12 godzin przed pobraniem krwi, przy czym ostatni posiłek nie powinien być obfity ani tłusty) oraz niespożywanie alkoholu na 12 godzin przed pobraniem krwi. Wszystkie pobrania krwi miały miejsce rano, między godziną 7:40 a 9:00.

Analiza profilu lipidowego obejmowała pomiar stężenia cholesterolu całkowitego (ang. *total cholesterol*, TC) (mg/dl), stężenia cholesterolu frakcji HDL (mg/dl), stężenia

cholesterolu frakcji lipoprotein o niskiej gęstości (ang. *low-density lipoprotein*, LDL) (mg/dl), stężenia triglicerydów (ang. *triglycerides*, TAG) (mg/dl), podczas gdy stężenie nie-HDL (mg/dl) obliczono jako różnicę między TC i HDL. Zalecane stężenia analizowanych parametrów gospodarki lipidowej dla osób z niskim ryzykiem chorób układu krążenia [88], uznanych za wartości referencyjne ze względu na młody wiek uczestniczek, przedstawiono w Tabeli 4.

Tabela 4. Zalecane stężenia analizowanych parametrów gospodarki lipidowej [88] uznane za wartości referencyjne.

Parametr gospodarki lipidowej	Zalecane stężenie, mg/dl
TC	<190,0
HDL	>45,0
nie-HDL	<145,0
LDL	<115,0
TAG	<150,0

TC – cholesterol całkowity; HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości; LDL – lipoproteiny o niskiej gęstości; TAG – triglicerydy

Na podstawie uzyskanych wyników profilu lipidowego obliczono następujące wskaźniki aterogenności:

- Wskaźnik Aterogenności Osocza (ang. *Atherogenic Index of Plasma*, AIP),
- Wskaźnik Aterogeny (ang. *Atherogenic Coefficient*, AC),
- Wskaźnik Cholindex (ang. *Cholesterol Index*),
- Wskaźnik Castellego 1 (ang. *Castelli Risk Index 1*, CRI-1),
- Wskaźnik Castellego 2 (ang. *Castelli Risk Index 2*, CRI-2),
- stosunek TAG/HDL.

AIP obliczono jako $AIP = \log(TAG/HDL)$ z TAG i HDL wyrażonych w stężeniach molowych [89], AC jako stosunek nie-HDL do HDL ($AC = \text{nie-HDL}/HDL$) [90], cholindex jako różnicę między LDL i HDL ($\text{cholindex} = LDL - HDL$) z LDL i HDL wyrażonych w stężeniach mg/dl [91], CRI-1 jako stosunek TC do HDL ($CRI-1 = TC/HDL$) [92], CRI-2 jako stosunek LDL do HDL ($CRI-2 = LDL/HDL$) [92], a stosunek TAG/HDL obliczono na podstawie stężeń TAG i HDL wyrażonych w mmol/l [93].

Pomiary antropometryczne

Pomiary antropometryczne przeprowadzono przy użyciu skalibrowanej wagi-stadiometru RADWAG WPT 200 OW (pomiar masy ciała i wzrostu; dokładność: 0,1 kg i 0,5 cm; zakres: 2-200 kg i 100-200 cm), taśmy antropometrycznej (obwód talii i obwód bioder; dokładność 0,1 cm) oraz urządzenia AKERN BIA 101 Anniversary

Physiological Data Analyzer (pomiar składu ciała). Pomiar obwodu talii realizowano w płaszczyźnie horyzontalnej w połowie odległości między dolnym brzegiem łuku żebrowego i górnym grzebieniem kości biodrowej i zdefiniowano jako najwęższą część tułowia, a obwód bioder – również w płaszczyźnie horyzontalnej, lecz na poziomie kolców biodrowych przednich górnych i zdefiniowano jako najszerzą część tułowia. Obliczono stosunek obwodu talii do wzrostu (ang. *waist-to-height ratio*, WHtR) oraz obwodu talii do bioder (ang. *waist-to-hip ratio*, WHR).

Urządzenie AKERN BIA 101 Anniversary Physiological Data Analyzer dokonuje oceny składu ciała w oparciu o pomiary impedancji bioelektrycznej przy użyciu czterech elektrod (dwóch przyklejonych do dłoni i dwóch do stopy), wykorzystując prąd o częstotliwości 50 kHz i natężeniu 400 μ A. Pomiaru dokonywano po dominującej (prawej lub lewej) stronie ciała uczestniczki, a jeśli uczestniczka miała w ciele metalowe implanty – po stronie bez tych elementów. Urządzenie AKERN BIA 101 wyświetla opór (Rz) i reaktancję (Xc), które następnie, wraz z wiekiem, wzrostem i masą ciała uczestniczki zostały wpisane do programu BodyGram, co pozwoliło na oszacowanie: stosunku sodu do potasu, masy tłuszczowej, masy beztłuszczowej, masy komórek ciała, wskaźnika masy komórek ciała, masy mięśniowej, całkowitej ilości wody w organizmie, masy wody pozakomórkowej i masy wody wewnątrzkomórkowej.

Wyniki uczestniczek zostały porównane i sklasyfikowane zgodnie z następującymi wartościami referencyjnymi:

- BMI 25,0-29,9 kg/m^2 sklasyfikowano jako nadwagę, natomiast $\text{BMI} \geq 30,0 \text{ kg/m}^2$ jako otyłość [84];
- obwód talii co najmniej 88 cm uznano za otyłość centralną [94];
- WHtR powyżej 0,5 uznano za dodatkowy czynnik ryzyka chorób układu krążenia [95];
- zawartość tkanki tłuszczowej w organizmie poniżej 36,0% uznano za prawidłową, 36,0%-41,9% za nadwagę, a co najmniej 42,0% za otyłość [96].

Uczestniczki badania zostały poinstruowane, jak przygotować się do pomiarów antropometrycznych, tj. nie spożywać alkoholu na 24 godziny przed badaniem, unikać intensywnego wysiłku fizycznego w dniu badania, nie jeść na 4 godziny przed badaniem, nie pić płynów na 3 godziny przed badaniem, oddać mocz tuż przed badaniem, założyć lekką odzież bez metalowych elementów (np. bezzfiszbinowy biustonosz sportowy) oraz

zdejść wszelkie metalowe elementy (np. biżuterię, zegarki), a także cięższą odzież, taką jak sweter, a także buty i skarpety przez rozpoczęciem badania.

Podczas pomiarów przekazano uczestnikom jedynie wyniki dotyczące masy ciała i wzrostu, natomiast wyniki dotyczące składu ciała zostały im przekazane po zakończeniu badania w celu poprawy stopnia stosowania się do założeń badania. Pomiary antropometryczne zostały przeprowadzone w Poradni Dietetycznej Katedry Dietetyki SGGW w Warszawie.

Uczestniczki zostały poproszone o niepodejmowanie starań w celu utraty masy ciała w trakcie badania. Pomimo tego, masa ciała niektórych z nich uległa zmniejszeniu (o maksymalnie 5,0 kg w ciągu ośmiu tygodni w grupie interwencyjnej i 2,1 kg w ciągu ośmiu tygodni w grupie kontrolnej). Niemniej jednak, nie było znaczących różnic masy ciała przy porównaniu jej wartości na początku, w połowie badania i po zakończeniu interwencji dla całej grupy badanej ($p=0,993$), dla grupy interwencyjnej ($p=0,960$) ani dla grupy kontrolnej ($p=0,987$), zgodnie z testem Friedmana. Jednocześnie odsetek uczestniczek, które zmniejszyły masę ciała i tych, które nie zmniejszyły masy ciała w grupie interwencyjnej i kontrolnej również nie różnił się (w obu grupach: zmniejszenie masy ciała $n = 10$, brak zmniejszenia masy ciała $n = 9$; $p = 1,000$, test chi-kwadrat).

Kwestionariusz

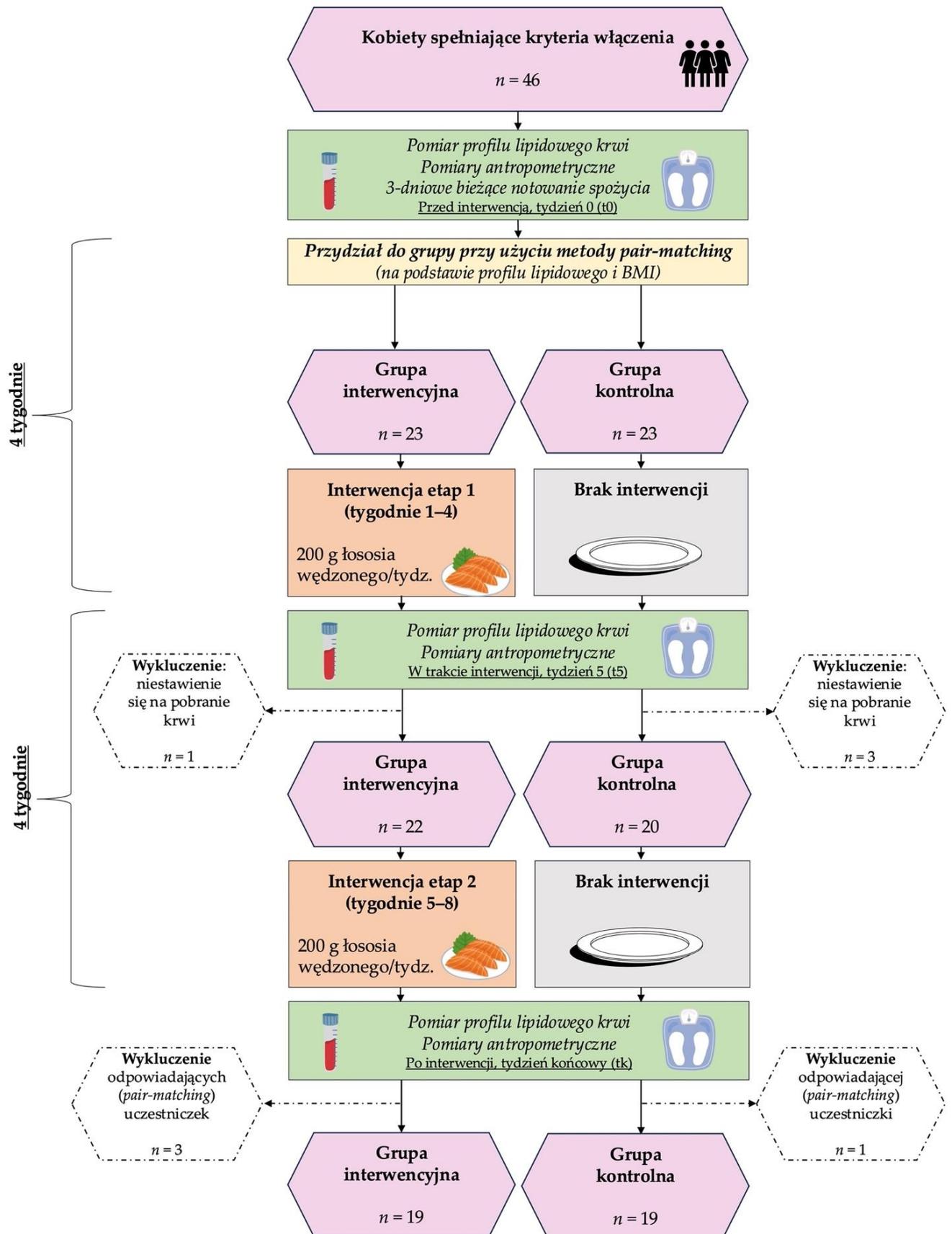
Na początku badania (przed rozpoczęciem interwencji), każda z uczestniczek wypełniła kwestionariusz przygotowany w wersji online w Google-Forms, zawierający pytanie otwarte dotyczące wieku oraz pytania zamknięte dotyczące poziomu wykształcenia, aktywności fizycznej, a także typowej częstotliwości spożycia ryb i innych owoców morza. Dodatkowo, biorąc pod uwagę fakt, że inni autorzy wskazują różnice w profilu lipidowym u osób palących papierosy w porównaniu do osób niepalących [97], również w populacji młodych kobiet [98], w kwestionariuszu zamieszczono pytanie dotyczące palenia papierosów – pytanie zamknięte z trzema możliwymi odpowiedziami: „Palę tradycyjne papierosy”, „Palę e-papierosy” lub „Nie palę”. Następnie zadano pytanie otwarte dotyczące liczby papierosów wypalanych w ciągu tygodnia.

Ponadto w celu oceny sposobu żywienia uczestniczek na początku badania (przed rozpoczęciem interwencji), każda z uczestniczek wypełniła kwestionariusz 3-dniowego bieżącego notowania spożycia. Każda osoba została poinformowana jak prawidłowo wypełnić kwestionariusz, to znaczy aby: odnotować wszystkie produkty spożywcze

i napoje spożyte w ciągu dwóch dni roboczych i jednego dnia weekendowego (dnia wolnego od pracy), przy czym należało wybrać dni nienastępujące po sobie, typowe dla zwyczajowego sposobu żywienia; określić ilości przy użyciu miar domowych lub dokładnej masy (g) lub objętości (ml); podać szczegółowe informacje na temat wszystkich produktów (np. zawartość tłuszczu w produktach mlecznych, rodzaj pieczywa, rodzaj mięsa, nazwa sklepu lub restauracji w przypadku spożywania gotowych posiłków, marka napoju itp.). Podczas oddawania kwestionariuszy żywieniowych, każdy z nich był weryfikowany, aby upewnić się, że zostały one poprawnie wypełnione i nic nie zostało pominięte (np. przekąski w ciągu dnia). Szczególną uwagę zwrócono na tłuszcze i oleje, zwłaszcza te dodawane do żywności podczas przygotowywania posiłków. W przypadku brakujących informacji, uzupełniano je na tym etapie, natomiast do oszacowania wielkości porcji w przypadku jakichkolwiek niejasności wykorzystano Album fotografii produktów i potraw [75]. Analizę wielkości spożycia poszczególnych składników przeprowadzono przy użyciu programu Nuvero [99] – profesjonalnego programu dietetycznego wykorzystującego bazę danych produktów spożywczych z polskich Tabel składu i wartości odżywczej żywności [30] oraz bazę danych Departamentu Rolnictwa Stanów Zjednoczonych (ang. *United States Department of Agriculture, USDA*) [100] dla dostępnych na polskim rynku surowców i produktów, dla których brakuje danych w polskiej bazie. Na podstawie danych pozyskanych z bieżącego notowania obliczono: przeciętną wartość energetyczną diety (kcal/ dzień), spożycie białka ogółem (g/ dzień), spożycie białka zwierzęcego (g/ dzień), spożycie białka roślinnego (g/ dzień), stosunek białka zwierzęcego do białka roślinnego w diecie, spożycie tłuszczu (g/ dzień), spożycie nasyconych kwasów tłuszczowych (g/dzień), spożycie jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (g/ dzień), spożycie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (g/ dzień), spożycie kwasów tłuszczowych omega-6 (g/ dzień), spożycie kwasów tłuszczowych omega-3 (g/ dzień), stosunek kwasów tłuszczowych omega-6/omega 3 w diecie, spożycie kwasu linolowego (LA) (g/ dzień), spożycie kwasu alfa-linolenowego (ALA) (g/ dzień), spożycie EPA (mg/ dzień), spożycie kwasu dokozapentaenowego (DPA) (mg/ dzień), spożycie DHA (mg/ dzień), spożycie cholesterolu (g/ dzień), spożycie węglowodanów (g/ dzień), spożycie glukozy (g/ dzień), spożycie fruktozy (g/ dzień), spożycie sacharozy (g/ dzień), spożycie laktozy (g/ dzień), spożycie błonnika pokarmowego (g/ dzień), a także procentowy udział energii pochodzącej z białka, tłuszczów i węglowodanów.

Przebieg badania

Spośród 57 kobiet, które wyraziły zainteresowanie udziałem w badaniu, 46 spełniło kryteria włączenia i zostało losowo przydzielonych do grupy interwencyjnej lub kontrolnej przy użyciu metody *pair-matching* w oparciu o warstwową randomizację blokową, ze stratyfikacją względem profilu lipidowego (odchylenie od norm dla TC, cholesterolu frakcji HDL, nie-HDL, LDL i TAG) oraz BMI. Stratyfikacja względem profilu lipidowego prowadzona była w taki sposób, że założono, iż wszystkie parametry profilu lipidowego dla obu parowanych uczestniczek muszą mieścić się w zakresie wartości referencyjnych, lub dla obu parowanych uczestniczek muszą odbiegać od wartości referencyjnych, lub dla obu parowanych uczestniczek niektóre z parametrów muszą odbiegać od wartości referencyjnych, a inne mieścić się w zakresie wartości referencyjnych. Stratyfikacja względem BMI prowadzona była w taki sposób, że założono, iż różnica BMI między parowanymi uczestnikami nie mogła przekraczać 10% wartości BMI. Dzięki temu parametry profilu lipidowego i BMI, a także liczba uczestniczek z prawidłowymi vs. zbyt wysokimi/ zbyt niskimi parametrami profilu lipidowego, były porównywalne między obiema grupami na początku badania ($p>0,05$), w wyniku czego w każdej grupie znalazły się 23 kobiety. Przebieg przeprowadzonego badania przedstawiono na Rysunku 3.



Rysunek 3. Przebieg przeprowadzonego badania interwencyjnego dotyczącego wpływu zwiększenia spożycia łososia wędzonego na profil lipidowy młodych kobiet o nadmiernej masie ciała.

Podczas trwania badania jedna uczestniczka z grupy interwencyjnej i trzy uczestniczki z grupy kontrolnej zostały wykluczone ze względu na niestawienie się na pobranie krwi w 5. tygodniu interwencji. W związku z tym, po zakończeniu badania, odpowiadające im uczestniczki z drugiej z grup (trzy z grupy interwencyjnej i jedna z grupy kontrolnej) również zostały wykluczone z analizy. W rezultacie w ostatecznych analizach uwzględniono 38 sparowanych uczestniczek (19 z grupy interwencyjnej i 19 z grupy kontrolnej).

Minimalna wymagana do analiz liczebność próby została obliczona na podstawie populacji kobiet w badanej grupie wiekowej zamieszkujących województwo mazowieckie, w którym przeprowadzono badanie (318 200, według GUS [81]). Przyjmując częstość występowania osób z nadmierną masą ciała ($BMI \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$) w tej grupie wiekowej na poziomie 25,9% [82], populację docelową określono na 82 414. Zastosowano 90% poziom ufności, 15% margines błędu i 60% częstość występowania dyslipidemii w populacji osób z nadwagą lub otyłością [101], co dało szacunkową wymaganą wielkość próby wynoszącą 29 osób. Ostatecznie zgromadzona grupa licząca 38 kobiet została zatem uznana za wystarczającą.

1.5.5. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną zebranych danych przeprowadzono przy użyciu Statgraphics Plus dla Windows 5.1 (Statgraphics Technologies Inc., The Plains, VA, USA), Statistica (wersja 8.0 i 13.3, Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA) i programu Jamovi (The Jamovi Project, wersja 2.3 i 2.63, Sydney, Australia) [102].

Przyjęto poziom istotności statystycznej wynoszący $p \leq 0,05$, podczas gdy wartości $p \in (0,05; 0,1)$ uznano za wskazujące na tendencję. Do oceny normalności rozkładu zastosowano test Shapiro-Wilka. Wyniki przedstawiono jako średnią \pm SD i medianę z zakresem percentyli (P25; P75) lub jako średnią \pm SD i medianę z zakresem minimum–maksimum (Min–Max).

Do porównań między grupami, wykorzystano test t-Studenta (w przypadku dwóch grup i danych o rozkładzie normalnym) lub test U Manna-Whitneya (w przypadku dwóch grup i danych o rozkładzie odbiegającym od normalnego) lub analizę wariancji (ANOVA) Fishera, a następnie test Tukeya (HSD) dla analizy post hoc (w przypadku trzech lub więcej grup i danych o rozkładzie normalnym) lub ANOVA Kruskala-Wallisa, a następnie test Steel-Dwass-Critchlow-Fligner (DSCF) dla analizy post hoc (w przypadku trzech lub więcej grup i danych o rozkładzie odbiegającym od normalnego). Do obliczenia korelacji użyto korelacji rang Spearmana (dla danych

o rozkładzie odbiegającym od normalnego). Test chi-kwadrat lub test chi-kwadrat z poprawką Yatesa został wykorzystany do analizy różnic między grupami w odniesieniu do zmiennych kategoriycznych.

1.6. Wybrane wyniki

Przedstawione w tym rozdziale informacje są jedynie częścią wszystkich wyników jakie uzyskano na podstawie przeprowadzonych badań. Wyniki uwzględnione w tym rozdziale zostały wybrane w taki sposób, aby zilustrować te niezbędne do weryfikacji postawionych hipotez badawczych (przedstawionych na początku dysertacji). Wszystkie pozostałe wyniki znajdują się w publikacjach naukowych (*publikacja 1, publikacja 2, publikacja 3, publikacja 4*), które stanowią niniejszą rozprawę doktorską i są załączone na końcu niniejszej pracy (Rozdział 2. Kopie publikacji składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów).

1.6.1. Ogólnopolskie badanie ankietowe analizujące wiedzę żywieniową dotyczącą spożywania ryb oraz wielkość i determinanty spożycia ryb wśród młodych Polek uczęszczających do szkół ponadpodstawowych (badanie 1)

W Tabeli 5 przedstawiono liczbę poprawnych i niepoprawnych odpowiedzi udzielonych przez młode Polki w odpowiedzi na pytania dotyczące składników odżywczych, które zawierają ryby, korzyści i potencjalnych zagrożeń związanych ze spożywaniem ryb oraz aktualnych zaleceń spożycia ryb. Stwierdzenie o najwyższym odsetku poprawnych odpowiedzi dotyczyło ryb jako źródła białka (81,3%), zalecenia, że spożycie ryb jest polecane dzieciom i młodzieży (79,3%) oraz ryb jako dobrego źródła zdrowych (prozdrowotnych) tłuszczów (78,6%). Stwierdzeniem, które uzyskało najmniej poprawnych odpowiedzi, było stwierdzenie dotyczące kwasów tłuszczowych *trans* (8,1%) oraz stwierdzenie dotyczące dioksyn (18,3%). Jedynie co druga młoda Polka wiedziała, że ryby są dobrym źródłem witaminy D (55,5%), a mniej niż 1/3 wiedziała, że ryby powinno się jeść przynajmniej dwa razy tygodniu (32,2%) oraz że ryby nie są źródłem błonnika (30,2%) ani witaminy C (31,2%).

Tabela 5. Liczba poprawnych i niepoprawnych odpowiedzi udzielonych przez młode Polki w odpowiedzi na pytania dotyczące składników odżywczych, które zawierają ryby, korzyści i potencjalnych zagrożeń związanych ze spożywaniem ryb oraz aktualnych zaleceń spożycia ryb.

Analizowane wiedza żywieniowa	Analizowane stwierdzenie	Liczba (%) osób	
		Odpowiedź poprawna	Odpowiedź niepoprawna
Składniki odżywcze zawarte w rybach	Ryby są dobrym źródłem białka.	690 (81,3%)	159 (18,7%)
	Ryby nie są źródłem błonnika.	256 (30,2%)	593 (69,8%)
	Dorsz nie należy do ryb tłustych.	196 (23,1%)	653 (76,9%)
	Ryby nie są źródłem kwasów tłuszczowych <i>trans</i> .	69 (8,1%)	780 (91,9%)
	Ryby są dobrym źródłem witaminy D.	471 (55,5%)	378 (44,5%)
	Ryby nie są źródłem witaminy C.	265 (31,2%)	584 (68,8%)
Korzyści związane ze spożywaniem ryb oraz aktualne zalecenia	Jedzenie ryb ma korzystny wpływ na cały organizm.	627 (73,9%)	222 (26,1%)
	Jedzenie ryb ma korzystny wpływ na serce.	563 (66,3%)	286 (33,7%)
	Jedzenie ryb ma korzystny wpływ na mózg.	562 (66,2%)	287 (33,8%)
	Jedzenie ryb jest zalecane dzieciom i młodzieży.	673 (79,3%)	176 (20,7%)
	Jedzenie ryb jest polecane kobietom w ciąży.	335 (39,5%)	514 (60,5%)
	Ryby powinno się jeść przynajmniej dwa razy tygodniu.	273 (32,2%)	576 (67,8%)
Wpływ kwasów tłuszczowych zawartych w rybach na zdrowie	Ryby są dobrym źródłem zdrowych tłuszczów.	667 (78,6%)	182 (21,4%)
	Kwasy tłuszczowe zawarte w rybach mają korzystny wpływ na zdrowie.	571 (67,3%)	278 (32,7%)
	Jedzenie ryb pomaga obniżyć poziom cholesterolu.	351 (41,3%)	498 (58,7%)
Potencjalne zagrożenia związane ze spożywaniem ryb	Jedzenie ryb może wywoływać alergie.	230 (27,1%)	619 (72,9%)
	Ryby mogą zawierać bakterie lub pasożyty.	427 (50,3%)	422 (49,7%)
	Ryby mogą zawierać zanieczyszczenia.	513 (60,4%)	336 (39,6%)
	Ryby mogą zawierać dioksyny.	155 (18,3%)	694 (81,7%)
	Ryby mogą zawierać rtęć.	286 (33,7%)	563 (66,3%)

Poprawność odpowiedzi na wyżej wymienione stwierdzenia przeanalizowano także w grupie mężczyzn w porównaniu do kobiet. Zauważono różnice w poprawności odpowiedzi w przypadku niektórych ze stwierdzeń ($p < 0,05$) – w przypadku pięciu ze stwierdzeń większy odsetek kobiet niż mężczyzn udzielił poprawnej odpowiedzi, natomiast w przypadku jednego stwierdzenia większy odsetek mężczyzn niż kobiet udzielił poprawnej odpowiedzi. Wyniki te przedstawiono w sposób szczegółowy w *publikacji 1*.

Analogicznie, przeanalizowano także różnice w poprawności odpowiedzi na analizowane stwierdzenia w podgrupach w zależności od: wieku, BMI, miejsca zamieszkania (wieś/ miasto), odległości miejsca zamieszkania od morza (region z bezpośrednim dostępem do morza/ region bez dostępu do morza) oraz rodzaju uczęszczanej szkoły. Wyniki te znajdują się w *publikacji 1*.

Wielkość spożycia ryb (g/ tydzień) w grupie wszystkich badanych młodych Polek i Polaków oraz w podziale na podgrupy w zależności od płci, miejsca zamieszkania (makroregion, wielkość miejscowości), BMI, wieku oraz rodzaju szkoły przedstawiono w Tabeli 6. Mediana spożycia ryb w całej grupie wyniosła 34,9 g tygodniowo. Mężczyźni charakteryzowali się wyższym spożyciem ryb niż kobiety (46,5 vs. 31,6 g; $p < 0,001$), a osoby uczęszczające do liceum ogólnokształcącego zadeklarowały wyższe spożycie ryb niż osoby uczęszczające do szkoły branżowej lub technikum (43,0 vs. 29,0 g; $p = 0,010$). Miejsce zamieszkania (makroregion, wielkość miejscowości), BMI oraz wiek nie różnicowały wielkości spożycia ($p > 0,05$). Jedynie 5% (40 osób) badanych młodych Polek spełniło zalecenie spożycia co najmniej 300 g ryb tygodniowo, natomiast uwzględniając alternatywny poziom wynoszący minimum 150 g, odsetek ten wyniósł 10% (86 osób) (dane nieprzedstawione w tabeli).

Tabela 6. Wielkość spożycia ryb (g/ tydzień) w grupie wszystkich badanych młodych Polek i Polaków oraz w podziale na podgrupy w zależności od płci, miejsca zamieszkania (makroregion, wielkość miejscowości), BMI, wiek oraz rodzaj szkoły.

Podgrupa		Spożycie ryb, g/ tydzień <i>n</i> = 1317		<i>p</i>
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
Ogółem		78,7 ± 135,8	34,9 (0,0–1650,0)*	–
Płeć	Żeńska	65,8 ± 108,9	31,6 (0,0–900,0)*	<0,001
	Męska	103,6 ± 174,3	46,5 (0,0–1650,0)*	
Miejsce zamieszkania – makroregion**	Północno-Zachodni	82,4 ± 123,8	40,7 (0,0–690,0)*	1,000
	Północny	76,3 ± 141,9	29,0 (0,0–1275,0)*	
	Wschodni	64,2 ± 125,4	17,4 (0,0–808,0)*	
	Południowo-Zachodni	85,1 ± 138,2	34,9 (0,0–900,0)*	
	Południowy	63,1 ± 83,8	34,0 (0,0–405,0)*	
	Centralny	80,1 ± 91,4	56,4 (0,0–495,0)*	
Miejsce zamieszkania – wielkość miejscowości	Wieś	68,5 ± 105,9	32,0 (0,0–750,0)*	0,567
	Miasto <50.000	90,5 ± 157,6	39,5 (0,0–1650,0)*	
	Miasto 50.000–100.000	71,3 ± 112,7	40,7 (0,0–900,0)*	
	Miasto >100.000	99,4 ± 187,8	37,1 (0,0–1275,0)*	
BMI	Niedowaga	77,6 ± 127,9	30,2 (0,0–675,0)*	0,407
	Prawidłowa masa ciała	75,0 ± 130,9	38,3 (0,0–1650,0)*	
	Nadwaga lub otyłość	90,2 ± 151,7	31,9 (0,0–900,0)*	
Wiek	Niższy (do 16. roku życia)	74,9 ± 128,6	34,9 (0,0–1275,0)*	0,666
	Wyższy (>16 lat)	82,4 ± 142,6	34,9 (0,0–1650,0)*	
Rodzaj szkoły	LO	86,4 ± 134,6	43,0 (0,0–1200,0)*	0,010
	Szk. branż. lub techn.	74,5 ± 136,3	29,0 (0,0–1650,0)*	

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** makroregion – NUTS 1, jednostka administracyjna Polski w oparciu o kategorie stosowane przez GUS w ramach regulacji Unii Europejskiej dotyczącej podziału ekonomicznego terenów Unii Europejskiej na regiony na 3 różnych poziomach (fr. *Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques*, NUTS) [69]; LO – liceum ogólnokształcące; Szk. branż. lub techn. – szkoła branżowa lub technikum; BMI – wskaźnik masy ciała (ang. *Body Mass Index*)

W Tabeli 7 przedstawiono spożycie ryb (g/ tydzień), sumę punktów uzyskanych w teście wiedzy o rybach oraz korelację między wielkością spożycia ryb a wynikiem testu wiedzy o rybach wśród badanych młodych Polek ogółem oraz wśród badanych młodych Polek w podziale na podgrupy ze względu na wiek i rodzaj szkoły. Mediana wyniku z testu wiedzy o rybach wśród wszystkich badanych młodych Polek wyniosła 10 punktów, a korelację między wielkością spożycia ryb a wynikiem testu wiedzy o rybach zaobserwowano zarówno w całej grupie młodych Polek jak i we wszystkich innych analizowanych podgrupach ($p < 0,05$). Wskazuje to, że większa znajomość zagadnień dotyczących składników odżywczych, które zawierają ryby, korzyści i potencjalnych zagrożeń związanych ze spożywaniem ryb oraz aktualnych zaleceń spożycia ryb związana jest z wyższym spożyciem ryb w grupie młodych Polek.

Tabela 7. Spożycie ryb (g/ tydzień), suma punktów uzyskanych w teście wiedzy o rybach oraz korelacja między wielkością spożycia ryb a wynikiem testu wiedzy o rybach wśród badanych młodych Polek ogółem oraz w podziale na podgrupy ze względu na wiek i rodzaj szkoły.

Podgrupy		Spożycie ryb, g/ tydzień		Test wiedzy o rybach, punkty, maks = 20		Korelacja spożycie ryb – test wiedzy o rybach**	
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	<i>p</i>	<i>R</i>
Młode Polki ogółem (<i>n</i> = 870)		65,8 ± 108,9	31,6 (0,0–900,0)*	9,7 ± 4,2	10,0 (0,0–20,0)*	<0,001	0,1913
Wiek	Niższy (≤16 lat) (<i>n</i> = 316)	59,4 ± 101,2	28,4 (0,0–900,0)*	9,0 ± 4,2	9,0 (0,0–19,0)*	<0,001	0,2178
	Wyższy (>16 lat) (<i>n</i> = 354)	71,2 ± 114,8	32,8 (0,0–900,0)*	10,2 ± 4,1	11,0 (0,0–20,0)*	<0,001	0,1678
Rodzaj szkoły	Liceum ogólnokształcące (<i>n</i> = 282)	76,2 ± 123,7	39,5 (0,0–900,0)*	10,6 ± 4,1	11,0 (0,0–19,0)*	<0,001	0,2064
	Szkoła branżowa lub technikum (<i>n</i> = 388)	59,0 ± 97,5	23,3 (0,0–900,0)*	9,0 ± 4,1	9,0 (0,0–20,0)*	<0,001	0,1584

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** korelacja rang Spearmana

W Tabeli 8 przedstawiono wielkość spożycia ryb (g/ tydzień) wśród badanych młodych Polek ogółem w zależności od poprawności odpowiedzi na pytania dotyczące zaleceń związanych ze spożyciem ryb. Spożycie ryb było ponad dwa razy wyższe w grupie młodych Polek, które wiedziały, że dzieci i młodzież powinny jeść ryby (34,9 vs. 15,1 g; $p < 0,001$) oraz prawie dwa razy wyższe w grupie tych, które wiedziały, że ryby powinny spożywać się częściej niż raz w tygodniu (45,3 vs. 23,3 g; $p < 0,001$) w porównaniu do młodych Polek, które nie udzieliły poprawnej odpowiedzi na analizowane pytania.

Tabela 8. Wielkość spożycia ryb (g/ tydzień) wśród badanych młodych Polek ogółem w zależności od poprawności odpowiedzi na pytania dotyczące zaleceń związanych ze spożyciem ryb.

Analizowana wiedza dotycząca zaleceń związanych ze spożyciem ryb	Poprawność odpowiedzi	Spożycie ryb, g/ tydzień <i>n</i> = 870		<i>P</i>
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
„Dzieci i młodzież powinny jeść ryby”	Poprawna odpowiedź (<i>n</i> = 692)	70,5 ± 114,7	34,9 (0,0–900,0)*	<0,001
	Brak poprawnej odpowiedzi (<i>n</i> = 178)	47,7 ± 80,4	15,1 (0,0 – 555,0)*	
„Ryby powinno spożywać się częściej niż raz w tygodniu”	Poprawna odpowiedź (<i>n</i> = 277)	101,2 ± 147,7	45,3 (0,0–900,0)*	<0,001
	Brak poprawnej odpowiedzi (<i>n</i> = 593)	49,3 ± 79,9	23,3 (0,0–750,0)*	

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$)

1.6.2. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia lososia w dwóch różnych formach (łosos wędzony lub parówki z lososia) w okresie jesiennym na stan odżywienia witaminą D u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D (badanie 2)

Stężenie 25(OH)D w surowicy krwi uczestniczek na początku, po czterech tygodniach i po ośmiu tygodniach interwencji zostało przedstawione w Tabeli 9. Średnie początkowe stężenie 25(OH)D w całej badanej grupie wynosiło $65,1 \pm 24,9$ nmol/l i nie różniło się między grupami ($p > 0,05$). Co zaskakujące, stężenie 25(OH)D nie różniło się między badanymi grupami także po czterech i ośmiu tygodniach interwencji ($p > 0,05$). We wszystkich grupach zaobserwowano obniżenie stężenia 25(OH)D po czterech i ośmiu tygodniach interwencji. Jednakże malejąca wartość *p* od $p = 0,947$ na początku badania do $p = 0,130$ po ośmiu tygodniach może sugerować, że czas interwencji mógł być zbyt krótki, aby zaobserwować statystycznie istotne różnice.

Tabela 9. Stężenie 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) w surowicy krwi uczestniczek na początku, po czterech tygodniach i po ośmiu tygodniach interwencji.

Czas	Grupa interwencyja spożywająca lososia wędzonego <i>n</i> = 38		Grupa interwencyja spożywająca parówki z lososia <i>n</i> = 27		Grupa kontrolna <i>n</i> = 34		<i>p</i> **
	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	
t0	64,2 ± 23,2	63,5 (47,8; 77,2)	66,3 ± 24,9	65,8 (48,6; 80,4)	65,1 ± 27,3	61,5 (47,9; 76,4)	0,947
t5	55,9 ± 18,6	56,9 (41,0; 68,9)	61,9 ± 22,6	57,5 (46,8; 75,5)	53,8 ± 23,4	56,4 (33,9; 69,8)	0,323
tk	52,6 ± 18,8	53,3 (36,7; 63,0)	62,4 ± 26,5	56,3 (45,8; 68,3)*	48,3 ± 21,8	48,4 (32,6; 62,5)	0,130

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** ANOVA Fishera (dla rozkładu normalnego) lub ANOVA Kruskalla-Wallisa (dla braku rozkładu normalnego); t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji

W Tabeli 10 przedstawiono zmiany stężenia 25(OH)D w surowicy krwi uczestniczek w trakcie badania. Zaobserwowano różnice między grupami pod względem zmian stężenia 25(OH)D w surowicy krwi ($p < 0,05$), przy czym największe obniżenie odnotowano w grupie kontrolnej, a najmniejsze w grupie interwencyjnej spożywającej parówki z łososia. Analiza *post hoc* wykazała, że różnice w zmianach t0–t5 oraz t5–tk dotyczyły wyłącznie grupy kontrolnej oraz grupy spożywającej parówki z łososia (odpowiednio $p = 0,019$ i $p = 0,017$). Dla zmiany t0–tk wykazano różnice zarówno między grupą kontrolną a grupą spożywającą parówki z łososia ($p < 0,001$), jak i między grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą spożywającą parówki z łososia ($p = 0,034$). Nie zaobserwowano różnic w zmianach stężenia 25(OH)D dla zmiany t0–tk pomiędzy grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą kontrolną ($p > 0,05$). Wyniki te wskazują, iż analizowana interwencja dietetyczna była znacznie bardziej skuteczna w przypadku grupy interwencyjnej spożywającej parówki z łososia niż łososia wędzonego. W przypadku grupy interwencyjnej spożywającej łososia wędzonego interwencja była skuteczniejsza w porównaniu do jej braku dla grupy kontrolnej, co stwierdzono analizując poszczególne 4-tygodniowe etapy badania, natomiast biorąc pod uwagę cały czas trwania interwencji (osiem tygodni) nie było istotności statystycznej różnic (brak różnic pomiędzy grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą kontrolną).

Tabela 10. Zmiany stężenia 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) w surowicy krwi uczestniczek w trakcie badania.

Czas	Grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego <i>n</i> = 38		Grupa interwencyjna spożywająca parówki z łososia <i>n</i> = 27		Grupa kontrolna <i>n</i> = 34		<i>p</i> **
	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	
t0 do t5	-8,2 ± 11,6	-6,3 (-12,2; -2,1)* ^{ab}	-4,3 ± 8,2	-2,5 (-11,4; 0,0) ^b	-11,4 ± 10,5	-10,0 (-16,1; -4,5) ^a	0,022
t5 do tk	-3,3 ± 6,8	-3,1 (-6,1; -0,5)* ^{ab}	0,4 ± 8,6	-2,3 (-4,5; 3,8)* ^b	-5,5 ± 4,6	-4,4 (-8,4; -2,3) ^a	0,020
t0 do tk	-11,6 ± 14,1	-9,3 (-17,6; -3,9)* ^a	-3,9 ± 13,2	-4,3 (-8,5; -0,8)* ^b	-16,9 ± 12,4	-15,0 (-22,0; -8,4)* ^a	<0,001

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** ANOVA Fishera (dla rozkładu normalnego) lub ANOVA Kruskalla-Wallisa (dla braku rozkładu normalnego); różne litery w wierszach (a, b, c) oznaczają istotne statystycznie różnice między grupami ($p < 0,05$); t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji

Porównanie zmian stężenia 25(OH)D w surowicy krwi uczestniczek w trakcie trwania badania (od t0 do tk) między podgrupami charakteryzującymi się odpowiednim ($25(\text{OH})\text{D} \geq 50 \text{ nmol/l}$) lub nieodpowiednim ($25(\text{OH})\text{D} < 50 \text{ nmol/l}$) stanem odżywienia witaminą D przed interwencją przedstawiono w Tabeli 11. W grupie interwencyjnej spożywającej łososia wędzonego zaobserwowano różnicę bliską istotności statystycznej ($p=0,055$) w zmianie stężenia 25(OH)D po ośmiu tygodniach interwencji między uczestniczkami z odpowiednim i nieodpowiednim stanem odżywienia witaminą D przed interwencją – mediana obniżenia 25(OH)D u uczestniczek z odpowiednim stanem odżywienia witaminą D przed interwencją wyniosła 12,5 nmol/l, podczas gdy u uczestniczek z nieodpowiednim stanem odżywienia witaminą D przed interwencją – 5,8 nmol/l, co stanowi ponad 2 razy mniej. Wśród uczestniczek z grupy interwencyjnej spożywającej parówki z łososia różnica między podgrupami była istotna statystycznie ($p=0,048$) natomiast nie była aż tak znaczna – mediana obniżenia 25(OH)D u uczestniczek z odpowiednim stanem odżywienia witaminą D przed interwencją wyniosła 5,4 nmol/l, podczas gdy u uczestniczek z nieodpowiednim – 3,0 nmol/l. W grupie kontrolnej nie zaobserwowano tego typu różnic ($p=0,117$). Wyniki te wskazują, że analizowana interwencja dietetyczna była bardziej efektywna (zaobserwowano mniejsze obniżenie 25(OH)D) u uczestniczek z nieodpowiednim stanem odżywienia witaminą D przed interwencją, co było widoczne szczególnie w grupie interwencyjnej spożywającej parówki z łososia.

Tabela 11. Zmiany stężenia 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) w surowicy krwi uczestniczek (nmol/l) w trakcie trwania badania (od t0 do tk) w podgrupach charakteryzujących się odpowiednim (25(OH)D ≥ 50 nmol/l) lub nieodpowiednim (25(OH)D < 50 nmol/l) stanem odżywienia witaminą D przed interwencją.

Stan odżywienia witaminą D przed interwencją	Grupa interwencyjna spożywająca lososia wędzonego (Odpowiedni 25(OH)D w t0 ¹ : n = 27, Nieodpowiedni 25(OH)D w t0 ² : n = 11)			Grupa interwencyjna spożywająca parówki z lososia (Odpowiedni 25(OH)D w t0 ¹ : n = 18, Nieodpowiedni 25(OH)D w t0 ² : n = 9)			Grupa kontrolna (Odpowiedni 25(OH)D w t0 ¹ : n = 24, Nieodpowiedni 25(OH)D w t0 ² : n = 10)		
	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	p ^{**}	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	p ^{**}	Średnia ± SD	Mediana (P25; P75)	p ^{**}
Odpowiedni ¹	-14,8 ± 12,9	-12,5 (-21,0; -5,3)*	0,055	-7,0 ± 13,9	-5,4 (-16,3; -1,6)	0,048	-19,0 ± 13,9	-18,5 (-24,0; -8,0)	0,117
Nieodpowiedni ²	-3,6 ± 14,3	-5,8 (-11,0; -3,0)*		2,3 ± 9,7	-3,0 (-4,3; 7,8)*		-11,6 ± 4,8	-12,8 (-14,6; -9,0)	

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; p ≤ 0,05); ** ANOVA Fishera (dla rozkładu normalnego) lub ANOVA Kruskalla-Wallisa (dla braku rozkładu normalnego); ¹Odpowiedni stan odżywienia witaminą D przed interwencją zdefiniowany jako 25(OH)D ≥ 50 nmol/l; ² Nieodpowiedni stan odżywienia witaminą D przed interwencją zdefiniowany jako 25(OH)D < 50 nmol/l; 25(OH)D – 25-hydroksycholekalcyferol; t0 – przed rozpoczęciem interwencji; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji

Liczba uczestniczek, u których stężenie 25(OH)D wzrosło lub utrzymało się na stałym poziomie w porównaniu do tych, u których stężenie 25(OH)D obniżyło się w trakcie trwania badania została przedstawiona w Tabeli 12. W ciągu pierwszych czterech tygodni interwencji (od t0 do t5) wzrost/ utrzymanie stężenia 25(OH)D zaobserwowano u 17% ($n = 17$) uczestniczek, w trakcie ostatnich czterech tygodni interwencji (od t5 do tk) u 20% ($n = 20$), a w całym okresie interwencji u 9% ($n = 9$). Co ciekawe, od t0 do t5 zaobserwowano różnice pomiędzy grupami, które nie były istotne statystycznie, lecz bliskie istotności ($p=0,097$). Natomiast od t5 do tk, w analizie *post hoc*, różnicę zaobserwowano pomiędzy grupą spożywającą parówki z łososia a grupą kontrolną ($p=0,015$), a także bliską istotności statystycznej różnicę pomiędzy grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą kontrolną ($p=0,077$). Nie zaobserwowano różnic pomiędzy grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą spożywającą parówki z łososia ($p>0,05$). Analizując cały czas trwania badania, od t0 do tk, w analizie *post hoc*, zaobserwowano różnice bliskie istotności statystycznej pomiędzy grupą spożywającą parówki z łososia a grupą kontrolną, jak również pomiędzy grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą spożywającą parówki z łososia (odpowiednio $p=0,052$ i $p=0,095$), natomiast nie zaobserwowano różnic między grupą spożywającą łososia wędzonego a grupą kontrolną ($p>0,05$). Oznacza to, że podobnie jak przy analizie zmian stężenia 25(OH)D, analizowana interwencja dietetyczna była znacznie bardziej skuteczna w podwyższeniu/ utrzymaniu 25(OH)D w surowicy krwi w przypadku grupy interwencyjnej spożywającej parówki z łososia niż w przypadku grupy interwencyjnej spożywającej łososia wędzonego.

Tabela 12. Liczba uczestniczek, u których stężenie 25-hydroksycholekalcyferolu (25(OH)D) wzrosło lub utrzymało się na stałym poziomie w porównaniu do tych, u których stężenie 25(OH)D obniżyło się w trakcie trwania badania.

Czas	Zmiana stężenia 25(OH)D	Grupa interwencyjna spożywająca lososia wędzonego <i>n</i> = 38	Grupa interwencyjna spożywająca parówki z lososia <i>n</i> = 27	Grupa kontrolna <i>n</i> = 34	<i>p</i> *
t0 do t5	Wzrost/ utrzymanie	6 (16%)	8 (30%)	3 (9%)	0,097
	Obniżenie	32 (84%)	19 (70%)	31 (91%)	
t5 do tk	Wzrost/ utrzymanie	9 (24%)	9 (33%)	2 (6%)	0,024
	Obniżenie	29 (76%)	18 (67%)	32 (94%)	
t0 do tk	Wzrost/ utrzymanie	2 (5%)	6 (22%)	1 (3%)	0,020
	Obniżenie	36 (95%)	21 (78%)	33 (97%)	

* test χ^2 ; t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji

1.6.3. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia lososia wędzonego na profil lipidowy młodych kobiet o nadmiernej masie ciała (badanie 3)

Profil lipidowy uczestniczek w grupie interwencyjnej oraz kontrolnej przed interwencją, w trakcie interwencji (po czterech tygodniach, w tygodniu 5) i po ośmiu tygodniach interwencji przedstawiono w Tabeli 13. Stężenia poszczególnych parametrów profilu lipidowego na początku badania nie różniły się między grupami ($p > 0,05$). Co zaskakujące, nie zaobserwowano różnic także w trakcie ani po zakończeniu interwencji ($p > 0,05$).

Tabela 13. Profil lipidowy uczestniczek w grupie interwencyjnej oraz kontrolnej przed interwencją, w trakcie interwencji (po czterech tygodniach, w tygodniu 5) i po ośmiu tygodniach interwencji.

Czas pomiaru	Składowa profilu lipidowego	Grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego <i>n</i> = 19		Grupa kontrolna <i>n</i> = 19		<i>p</i> **
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
Przed interwencją (t0)	TC, mg/dl	185,4 ± 42,8	171,9 (130,3–318,5)*	180,2 ± 29,7	174,7 (142,1–236,3)	0,885
	HDL, mg/dl	59,0 ± 14,2	58,1 (36,9–87,4)	57,4 ± 10,8	55,9 (38,9–84,0)	0,701
	Nie-HDL, mg/dl	126,5 ± 43,1	124,2 (71,1–251,7)*	122,9 ± 31,4	112,9 (86,7–189,5)*	0,885
	LDL, mg/dl	105,9 ± 38,4	101,4 (57,7–220,0)*	98,7 ± 25,7	89,3 (73,0–159,2)*	0,644
	TAG, mg/dl	101,3 ± 35,3	89,9 (46,0–185,3)	120,6 ± 62,3	99,4 (53,9–267,0)*	0,549
Podczas interwencji (t5)	TC, mg/dl	186,2 ± 36,1	177,5 (136,4–272,9)	183,9 ± 35,6	184,4 (116,8–245,4)	0,839
	HDL, mg/dl	61,4 ± 15,5	58,9 (36,6–88,8)	59,2 ± 14,8	60,6 (32,4–86,6)	0,657
	Nie-HDL, mg/dl	124,8 ± 35,7	113,3 (69,9–204,1)	124,7 ± 34,9	108,0 (76,8–183,1)	0,988
	LDL, mg/dl	103,1 ± 33,0	94,5 (59,3–170,8)	101,4 ± 31,0	89,6 (48,1–166,5)	0,864
	TAG, mg/dl	108,4 ± 41,3	107,6 (42,8–194,6)	116,5 ± 54,1	98,9 (55,1–265,8)*	0,954
Po interwencji (tk)	TC, mg/dl	181,9 ± 40,0	176,6 (125,8–287,5)	188,1 ± 33,4	185,7 (142,3–258,1)	0,610
	HDL, mg/dl	57,7 ± 14,0	56,5 (34,8–83,2)	57,7 ± 10,0	58,0 (40,8–78,4)	0,997
	Nie-HDL, mg/dl	124,3 ± 40,8	120,2 (71,9–214,6)	130,4 ± 32,0	132,4 (82,1–199,7)	0,609
	LDL, mg/dl	97,7 ± 37,7	99,1 (21,8–191,3)	108,2 ± 28,1	105,5 (67,2–171,3)	0,337
	TAG, mg/dl	132,9 ± 73,8	122,1 (58,0–365,4)*	111,0 ± 41,8	103,1 (49,5–172,8)	0,525

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** test t-Studenta (dla rozkładu normalnego) lub test U Manna-Whitneya (dla braku rozkładu normalnego); t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji; TC – cholesterol całkowity (ang. *total cholesterol*); HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości (ang. *high-density lipoprotein*); LDL – lipoproteiny o niskiej gęstości (ang. *low-density lipoprotein*); TAG – triglicerydy (ang. *triglycerides*)

W tabeli 14 przedstawiono obliczone wskaźniki aterogenności uczestniczek w grupie interwencyjnej oraz kontrolnej przed interwencją, w trakcie interwencji (po czterech tygodniach, w tygodniu 5) i po ośmiu tygodniach interwencji. Podobnie jak w przypadku poszczególnych parametrów profilu lipidowego, obliczone wskaźniki aterogenności również nie różniły się między grupami ani na początku badania, ani w trakcie, ani po zakończeniu interwencji ($p>0,05$).

Tabela 14. Obliczone wskaźniki aterogenności uczestniczek w grupie interwencyjnej oraz kontrolnej przed interwencją, w trakcie interwencji (po czterech tygodniach, w tygodniu 5) i po ośmiu tygodniach interwencji.

Czas pomiaru	Wskaźnik aterogenności	Grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego <i>n</i> = 19		Grupa kontrolna <i>n</i> = 19		<i>p</i> **
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
Przed interwencją (t0)	AIP	-0,14 ± 0,22	-0,15 (-0,48–0,34)	-0,08 ± 0,22	-0,13 (-0,35–0,38)	0,385
	AC	2,30 ± 1,04	2,15 (0,89–5,17)	2,25 ± 0,84	1,84 (1,30–4,05)*	1,000
	Cholindex, mg/dl	46,9 ± 42,5	48,1 (-21,9–153,2)	41,4 ± 31,1	29,8 (6,3–103,8)*	0,544
	CRI-1	3,30 ± 1,04	3,15 (1,89–6,17)	3,25 ± 0,84	2,84 (2,30–5,05)*	1,000
	CRI-2	1,92 ± 0,86	1,84 (0,73–4,16)	1,81 ± 0,69	1,50 (1,09–3,05)*	0,686
	TAG/HDL	0,82 ± 0,45	0,70 (0,33–2,19)*	0,96 ± 0,56	0,73 (0,45–2,39)*	0,470
Podczas interwencji (t5)	AIP	-0,13 ± 0,23	-0,05 (-0,56–0,31)	-0,08 ± 0,23	-0,12 (-0,41–0,55)	0,539
	AC	2,20 ± 0,96	1,94 (0,85–4,42)*	2,29 ± 1,08	1,92 (1,22–5,55)*	1,000
	Cholindex, mg/dl	41,7 ± 38,5	32,4 (-22,5–125,6)	42,2 ± 35,4	27,2 (-4,7–104,2)	0,973
	CRI-1	3,20 ± 0,96	2,94 (1,85–5,42)*	3,29 ± 1,08	2,92 (2,22–6,55)*	1,000
	CRI-2	1,81 ± 0,84	1,64 (0,73–3,86)*	1,85 ± 0,84	1,44 (0,95–3,91)*	0,977
	TAG/HDL	0,84 ± 0,42	0,89 (0,27–2,05)	0,97 ± 0,73	0,75 (0,39–3,58)*	0,908
Po interwencji (tk)	AIP	-0,03 ± 0,28	-0,01 (-0,41–0,66)	-0,10 ± 0,20	-0,09 (-0,48–0,26)	0,395
	AC	2,34 ± 1,14	1,99 (0,91–5,66)*	2,33 ± 0,71	2,10 (1,26–3,88)	0,644
	Cholindex, mg/dl	40,0 ± 41,1	52,3 (-32,1–118,4)	50,5 ± 29,8	49,5 (5,7–112,9)	0,374
	CRI-1	3,34 ± 1,14	2,99 (1,91–6,66)*	3,33 ± 0,71	3,10 (2,26–4,88)	0,644
	CRI-2	1,82 ± 0,85	1,75 (0,40–3,56)	1,93 ± 0,60	1,91 (1,07–3,04)	0,638
	TAG/HDL	1,15 ± 0,96	0,98 (0,39–4,58)*	0,87 ± 0,38	0,82 (0,33–1,84)	0,506

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** test t-Studenta (dla rozkładu normalnego) lub test U Manna-Whitneya (dla braku rozkładu normalnego); t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji; AIP – wskaźnik aterogenności osocza (ang. *Atherogenic Index of Plasma*); AC – współczynnik aterogeny (ang. *Atherogenic Coefficient*); Cholindex – wskaźnik cholesterolu (ang. *Cholesterol Index*); CRI-1 – wskaźnik Castelliego 1 (ang. *Castelli Risk Index 1*); CRI-2 – wskaźnik Castelliego 2 (ang. *Castelli Risk Index 2*); TAG – triglicerydy (ang. *triglycerides*); HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości (ang. *high-density lipoprotein*)

W Tabeli 15 przedstawiono zmiany w składowych profilu lipidowego uczestniczek w grupie interwencyjnej oraz kontrolnej w trakcie pierwszych czterech tygodni interwencji (od t0 do t5), w trakcie ostatnich czterech tygodni interwencji (od t5 do tk) oraz w całym okresie interwencji (od t0 do tk). Nie zaobserwowano różnic istotnych statystycznie między grupami w pierwszej połowie interwencji (od t0 do t5; $p > 0,05$). Jednakże, w drugiej połowie interwencji (od t5 do tk) zauważono tendencję dotyczącą zmiany stężenia cholesterolu frakcji LDL – w grupie interwencyjnej zaobserwowano średnie obniżenie o $5,5 \pm 21,4$ mg/dl, podczas gdy w grupie kontrolnej odnotowano średni wzrost o $6,8 \pm 21,7$ mg/dl ($p = 0,087$). W całym okresie interwencji (od t0 do tk) zaobserwowano natomiast różnicę istotną statystycznie w zmianie stężenia cholesterolu frakcji LDL – w grupie interwencyjnej stężenie to uległo obniżeniu średnio o $8,2 \pm 20,7$ mg/dl, podczas gdy w grupie kontrolnej wzrosło średnio o $9,5 \pm 20,0$ mg/dl ($p = 0,011$). Ponadto zauważono bliską istotności statystycznej różnicę w zmianie stężenia TAG ($p = 0,053$). W grupie interwencyjnej mediana wzrostu wyniosła 17,0 mg/dl, podczas gdy w grupie kontrolnej mediana obniżenia wyniosła 7,3 mg/dl.

Wyniki te wskazują, że interwencja była przede wszystkim skuteczna w obniżeniu stężenia cholesterolu frakcji LDL. Warto jednak zauważyć, że malejące wartości p dla niemal wszystkich analizowanych składowych profilu lipidowego (np. zmiana cholesterolu całkowitego: od t0 do t5 $p = 0,645$, od t5 do tk $p = 0,283$, od t0 do tk $p = 0,199$) sugerują, iż wydłużenie czasu trwania interwencji mogłoby ujawnić różnice także w przypadku innych składowych profilu lipidowego.

Tabela 15. Zmiany w składowych profilu lipidowego uczestniczek w grupie interwencyjnej oraz kontrolnej w trakcie pierwszych czterech tygodni interwencji (od t0 do t5), w trakcie ostatnich czterech tygodni interwencji (od t5 do tk) oraz w całym okresie interwencji (od t0 do tk).

Czas zmiany	Składowe profilu lipidowego	Grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego <i>n</i> = 19		Grupa kontrolna <i>n</i> = 19		<i>p</i> **
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
Zmiana od t0 do t5	TC, mg/dl	0,8 ± 18,4	1,0 (-45,6–31,3)	3,6 ± 18,8	6,0 (-25,3–38,8)	0,645
	HDL, mg/dl	2,5 ± 6,1	1,3 (-5,8–18,1)	1,8 ± 6,9	4,6 (-14,4–12,3)	0,770
	Nie-HDL, mg/dl	-1,6 ± 17,3	-1,2 (-47,6–24,2)	1,8 ± 13,2	1,3 (-16,6–30,8)	0,498
	LDL, mg/dl	-2,7 ± 16,7	-3,5 (-49,2–22,3)	2,6 ± 17,5	0,0 (-33,3–43,2)	0,342
	TAG, mg/dl	7,2 ± 40,8	-1,1 (-75,9–106,2)	-4,1 ± 37,9	-8,2 (-109,5–89,8)*	0,370
Zmiana od t5 do tk	TC, mg/dl	-4,3 ± 19,4	-0,3 (-46,4–32,0)	4,2 ± 28,1	5,1 (-57,3–41,0)	0,283
	HDL, mg/dl	-3,7 ± 7,9	-2,5 (-24,0–10,0)	-1,5 ± 10,8	-1,5 (-19,7–21,3)	0,473
	Nie-HDL, mg/dl	-0,6 ± 18,3	4,9 (-26,3–42,6)	5,8 ± 23,6	4,5 (-41,2–46,1)	0,364
	LDL, mg/dl	-5,5 ± 21,4	-5,0 (-45,8–41,6)	6,8 ± 21,7	0,4 (-44,4–40,2)	0,087
	TAG, mg/dl	24,4 ± 67,4	22,0 (-61,1–256,0)	-5,5 ± 46,2	4,2 (-94,1–58,6)	0,234
Zmiana od t0 do tk	TC, mg/dl	-3,5 ± 20,8	-3,2 (-40,0–46,4)*	7,9 ± 22,9	12,8 (-37,3–49,4)	0,199
	HDL, mg/dl	-1,3 ± 8,7	-2,1 (-22,6–18,0)	0,3 ± 9,4	-1,3 (-12,7–25,9)	0,590
	Nie-HDL, mg/dl	-2,2 ± 17,4	-1,4 (-37,1–38,9)	7,5 ± 19,3	7,4 (-31,3–41,3)	0,111
	LDL, mg/dl	-8,2 ± 20,7	-7,9 (-48,0–38,2)	9,5 ± 20,0	8,0 (-14,4–60,1)	0,011
	TAG, mg/dl	31,6 ± 57,2	17,0 (-42,0–180,1)*	-9,6 ± 49,3	-7,3 (-105,3–68,4)	0,053

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** test t-Studenta (dla rozkładu normalnego) lub test U Manna-Whitneya (dla braku rozkładu normalnego); t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji; TC – cholesterol całkowity (ang. *total cholesterol*); HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości (ang. *high-density lipoprotein*); LDL – lipoproteiny o niskiej gęstości (ang. *low-density lipoprotein*); TAG – triglicerydy (ang. *triglycerides*)

Zmiany w składowych profilu lipidowego w trakcie pierwszych czterech tygodni interwencji (od t0 do t5), w trakcie ostatnich czterech tygodni interwencji (od t5 do tk) oraz w całym okresie interwencji (od t0 do tk) wśród uczestniczek z grupy interwencyjnej i kontrolnej o WHtR > 0,5 zostały przedstawione w Tabeli 16. W tej podgrupie zaobserwowano różnice dotyczące zmian poziomu cholesterolu frakcji LDL i TAG w całym okresie interwencji (od t0 do tk). Podobnie jak w przypadku wszystkich uczestniczek (Tabela 15), zaobserwowano obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL w grupie interwencyjnej o średnio $12,8 \pm 21,8$ mg/dl i wzrost stężenia cholesterolu frakcji LDL w grupie kontrolnej o średnio $7,7 \pm 18,1$ mg/dl ($p=0,027$). Ponadto zmiana stężenia TAG, która w analizie wszystkich uczestniczek wykazała różnicę bliską istotności statystycznej, w podgrupie uczestniczek o WHtR > 0,5 osiągnęła istotność statystyczną ($p=0,040$) – w grupie interwencyjnej odnotowano wzrost stężenia TAG o $50,0 \pm 68,3$ mg/dl, a w grupie kontrolnej obniżenie stężenia TAG o $8,6 \pm 56,6$ mg/dl, co w przypadku uczestniczek z grupy interwencyjnej jest wynikiem niekorzystnym z punktu widzenia zdrowia.

Tabela 16. Zmiany w składowych profilu lipidowego w trakcie pierwszych czterech tygodni interwencji (od t0 do t5), w trakcie ostatnich czterech tygodni interwencji (od t5 do tk) oraz w całym okresie interwencji (od t0 do tk) wśród uczestniczek z grupy interwencyjnej i kontrolnej o WHtR > 0,5.

Czas zmiany	Składowe profilu lipidowego	Grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego <i>n</i> = 19		Grupa kontrolna <i>n</i> = 19		<i>p</i> **
		Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
Zmiana od t0 do t5	TC, mg/dl	4,1 ± 21,2	6,4 (-45,6–31,3)	4,6 ± 21,2	8,7 (-24,2–38,8)	0,956
	HDL, mg/dl	2,9 ± 5,0	2,0 (-5,8–12,8)	1,3 ± 7,1	4,6 (-14,4–8,0)*	1,000
	Nie-HDL, mg/dl	1,2 ± 20,1	2,4 (-47,6–23,6)*	3,2 ± 15,4	3,6 (-16,6–30,8)	0,949
	LDL, mg/dl	-0,2 ± 19,9	2,9 (-49,2–22,3)	5,7 ± 18,2	5,2 (-13,4–43,2)	0,479
	TAG, mg/dl	9,9 ± 48,5	-0,8 (-75,9–106,2)	-12,1 ± 37,3	-8,4 (-109,5–35,8)*	0,401
Zmiana od t5 do tk	TC, mg/dl	-8,9 ± 20,8	-3,4 (-46,4–16,2)	-0,8 ± 31,2	5,1 (-57,3–41,0)	0,480
	HDL, mg/dl	-4,3 ± 8,6	-3,3 (-24,0–6,8)	-3,5 ± 11,9	-6,0 (-19,7–21,3)	0,846
	Nie-HDL, mg/dl	-4,6 ± 17,2	2,2 (-26,3–21,5)	2,7 ± 28,1	4,5 (-41,2–46,1)	0,473
	LDL, mg/dl	-12,6 ± 22,2	-11,6 (-45,8–20,5)	2,0 ± 22,5	-2,3 (-44,4–35,8)	0,141
	TAG, mg/dl	40,2 ± 81,7	30,1 (-49,8–256,0)*	3,5 ± 52,6	16,0 (-94,1–58,6)	0,519
Zmiana od t0 do tk	TC, mg/dl	-4,8 ± 20,8	-2,1 (-40,0–38,4)	3,8 ± 23,5	15,2 (-37,3–30,6)	0,372
	HDL, mg/dl	-1,5 ± 8,2	-0,3 (-22,6–8,3)*	-2,1 ± 10,8	-6,0 (-12,7–25,9)*	0,217
	Nie-HDL, mg/dl	-3,4 ± 17,0	-1,4 (-37,1–30,1)	5,9 ± 21,1	8,1 (-31,3–39,2)	0,269
	LDL, mg/dl	-12,8 ± 21,8	-10,1 (-48,0–27,8)	7,7 ± 18,1	12,1 (-14,4–36,3)	0,027
	TAG, mg/dl	50,0 ± 68,3	32,9 (-42,0–180,1)	-8,6 ± 56,6	7,6 (-105,3–68,4)	0,040

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** test t-Studenta (dla rozkładu normalnego) lub test U Manna-Whitneya (dla braku rozkładu normalnego); WHtR – stosunek obwodu talii do wzrostu (ang. *waist-to-height ratio*); t0 – przed rozpoczęciem interwencji; t5 – po czterech tygodniach interwencji, w 5. tygodniu; tk – po zakończeniu 8-tygodniowej interwencji; TC – cholesterol całkowity (ang. *total cholesterol*); HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości (ang. *high-density lipoprotein*); LDL – lipoproteiny o niskiej gęstości (ang. *low-density lipoprotein*); TAG – triglicerydy (ang. *triglycerides*)

W Tabeli 17 przedstawiono zmiany analizowanych wskaźników aterogenności w całym okresie interwencji (od t0 do tk). Zaobserwowano różnicę między grupą interwencyjną a kontrolną w przypadku wskaźnika Cholindex. W grupie interwencyjnej odnotowano medianę obniżenia o 4,4 mg/dl, podczas gdy w grupie kontrolnej odnotowano medianę wzrostu o 0,8 mg/dl ($p=0,040$). Dodatkowo zaobserwowano tendencje bliskie istotności statystycznej w przypadku zmian wskaźnika AIP, wskaźnika CRI-2 oraz stosunku TAG/HDL (odpowiednio $p=0,054$; $p=0,099$; $p=0,057$).

Tabela 17. Zmiany analizowanych wskaźników aterogenności w całym okresie interwencji (od t0 do tk).

Wskaźnik aterogenności	Grupa interwencyjna spożywająca łososia wędzonego <i>n</i> = 19		Grupa kontrolna <i>n</i> = 19		<i>p</i> **
	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	Średnia ± SD	Mediana (Min–Max)	
AIP	0,10 ± 0,18	0,08 (-0,21–0,48)	-0,03 ± 0,22	-0,07 (-0,56–0,36)	0,054
AC	0,04 ± 0,41	0,13 (-1,00–0,54)*	0,08 ± 0,50	0,16 (-1,41–0,96)*	0,977
Cholindex, mg/dL	-6,9 ± 19,9	-4,4 (-43,8–30,7)	9,1 ± 18,4	0,8 (-12,3–52,0)*	0,040
CRI-1	0,04 ± 0,41	0,13 (-1,00–0,54)*	0,08 ± 0,50	0,16 (-1,41–0,96)*	0,977
CRI-2	-0,10 ± 0,41	-0,02 (-0,87–0,48)	0,12 ± 0,40	0,06 (-0,93–0,75)	0,099
TAG/HDL	0,32 ± 0,63	0,16 (-0,34–2,39)*	-0,09 ± 0,48	-0,09 (-1,06–0,69)	0,057

* brak rozkładu normalnego (test Shapiro–Wilka; $p \leq 0,05$); ** test t-Studenta (dla rozkładu normalnego) lub test U Manna-Whitneya (dla braku rozkładu normalnego); AIP – wskaźnik aterogenności osocza (ang. *Atherogenic Index of Plasma*); AC – współczynnik aterogeny (ang. *Atherogenic Coefficient*); Cholindex – wskaźnik cholesterolu (ang. *Cholesterol Index*); CRI-1 – wskaźnik Castelliego 1 (ang. *Castelli Risk Index 1*); CRI-2 – wskaźnik Castelliego 2 (ang. *Castelli Risk Index 2*); TAG – triglicerydy (ang. *triglycerides*); HDL – lipoproteiny o wysokiej gęstości (ang. *high-density lipoprotein*)

1.7. Dyskusja wyników

1.7.1. Wiedza żywieniowa dotycząca ryb

Jak wynika z przeprowadzonego badania własnego, zalecenie dotyczące spożycia ryb przez dzieci i młodzież było znane ponad 3/4 badanych młodych kobiet, podczas gdy zalecenie spożywania ryb co najmniej dwa razy w tygodniu znała mniej niż jedna trzecia respondentek (32,2%). Zalecenie spożywania ryb przez kobiety w ciąży było znane około 40% respondentek. Biorąc to pod uwagę istnieje duże ryzyko, że w momencie, gdy badane młode kobiety znajdą w przyszłości w ciąży, nadal nie będą posiadały tej wiedzy i nie będą stosować się do tego zalecenia. Koresponduje to z obserwacjami innych autorów badań, którzy wskazują, że kobiety w ciąży często nie znają korzyści płynących ze spożywania ryb, a także często nie otrzymują żadnych zaleceń dotyczących ich spożywania [103], lub wręcz przeciwnie, otrzymują one od swoich lekarzy poradę, aby ograniczyć spożycie ryb [103]. Wśród kobiet w ciąży znajomość potencjalnego ryzyka związanego ze spożywaniem ryb i zawartej w nich rtęci jest czasami bardziej powszechna niż świadomość korzyści płynących ze spożywania kwasów tłuszczowych omega-3 zawartych w rybach [104]. Analizy innych autorów wskazują, że w Polsce obserwuje się niedostateczne spożycie ryb przez kobiety w ciąży [105,106].

Chociaż brak wiedzy o tym, że kobietom w ciąży zaleca się spożywanie ryb wśród 60% badanych młodych kobiet nie jest aż tak zaskakujący, ponieważ większość z nich była w wieku nastoletnim, fakt, że młode kobiety nie są zaznajomione z podstawowym ogólnym zaleceniem dotyczącym spożywania ryb co najmniej dwa razy w tygodniu, jest dość niepokojący. Ten brak wiedzy ma prawdopodobnie wpływ na wybory żywieniowe, jako że wśród dzieci i młodzieży obserwuje się niskie spożycie ryb i owoców morza [107,108], i obserwuje się to często częściej niż u osób dorosłych [109].

Na podstawie odpowiedzi udzielonych na błędne stwierdzenie dotyczące tego, że ryby są źródłem błonnika, wydaje się, że wiele młodych kobiet nie wie, że ryby nie są źródłem błonnika, ponieważ siedem na dziesięć badanych kobiet udzieliło błędnej odpowiedzi na to stwierdzenie. Należy tu jednak wziąć pod uwagę możliwość wystąpienia tzw. efektu potakiwania (ang. *acquiescence bias*) [110]. Uczestniczki mogły wskazać, że ryby są źródłem błonnika, ponieważ mogły przyjąć błędne założenie, że skoro błonnik jest korzystny dla zdrowia i ryby również, to ryby muszą być jego dobrym źródłem. Podobne błędne przekonanie zaobserwowano również wśród osób dorosłych w wyższym wieku (18-83 lat) – 45,5% uczestników i uczestniczek badania Verbeke

i wsp. [111] przeprowadzonego w Belgii uważało, że ryby zawierają błonnik. Z drugiej strony, dwie trzecie badanych młodych kobiet wskazało, że kwasy tłuszczowe zawarte w rybach mają korzystny wpływ na zdrowie. Stwierdzenie to również było przedstawione jako fałszywe („Ryby zawierają dużo niezdrowych tłuszczów”), więc wydaje się, że niekoniecznie musiał wystąpić tutaj efekt potakiwania. W belgijskim badaniu fakt, że kwasy tłuszczowe omega-3 mają pozytywny wpływ na zdrowie człowieka, był znany tylko 30% respondentów [111], czyli ponad dwa razy mniejszemu odsetkowi osób niż w badaniu własnym. Na podstawie badania Verbeke i wsp. [111] wydaje się zatem, że błędne przekonanie, że ryby zawierają błonnik może być bardziej powszechne niż świadomość, że ryby zawierają prozdrowotne kwasy tłuszczowe. Z badania własnego wynika, że wiedza na temat rodzaju (nazewnictwa) kwasów tłuszczowych występujących w rybach w przypadku wielu młodych kobiet jest niedostateczna, ponieważ większość badanych młodych kobiet uznała je za kwasy tłuszczowe „trans”, a co trzecia wskazała w tym miejscu odpowiedź „nie wiem”.

Biorąc pod uwagę witaminę D, tylko co druga młoda kobieta wiedziała, że ryby są jej dobrym źródłem. Porównując to z częstym błędnym przekonaniem, że ryby zawierają błonnik, wydaje się, że wiele młodych polskich kobiet nie łączy ryb ze składnikami odżywczymi, których są one ważnym źródłem – a mianowicie z kwasami tłuszczowymi omega-3 i witaminą D, których najlepszym żywieniowym źródłem dla człowieka są tłuste ryby [29]. Ma to ogromne znaczenie, ponieważ wiadomo, że spożycie witaminy D wśród nastolatków i młodych kobiet w Polsce jest bardzo niskie [112,113]. Badania przeprowadzone w innych krajach wskazują na podobne wyniki dotyczące wiedzy o tym, że ryby są źródłem witaminy D – w Belgii fakt ten wskazało jedynie 53,3% uczestników badania [111].

W kontekście potencjalnych zagrożeń związanych ze spożywaniem ryb, fakt, że jedzenie ryb może powodować alergię nie był powszechnie znany – tylko co czwarta młoda kobieta udzieliła poprawnej odpowiedzi na to stwierdzenie. Fakt, że ryby mogą zawierać dioksyny lub rtęć, również nie był znany wielu młodym kobietom – odpowiednio tylko mniej niż co piątej i co trzeciej badanej. W badaniu Verbeke i wsp. [111] wyniki były w pewnym sensie podobne – mniej osób (29,1%) wskazało dioksyny jako możliwe zanieczyszczenia w rybach w porównaniu z metalami ciężkimi (45,8%), z których jednym jest rtęć. W badaniu własnym więcej młodych kobiet było świadomych faktu, że ryby mogą zawierać bakterie i pasożyty lub zanieczyszczenia, ponieważ

prawidłowych odpowiedzi na te stwierdzenia udzieliła ponad połowa badanych młodych kobiet.

1.7.2. Wielkość spożycia ryb i realizacja zaleceń żywieniowych dotyczących spożycia ryb

Jak wynika z przeprowadzonego badania własnego, mediana tygodniowego spożycia ryb wśród polskich uczennic wyniosła 32 g/ tydzień. Wartość ta jest znacznie mniejsza niż ta, która wynika z bilansów żywności, czyli 256 g/ tydzień (13,33 kg rocznie) [114]. Jest także niższa niż ta, która wynika z badań budżetów gospodarstw domowych, zgodnie z którymi średnie spożycie ryb i owoców morza wynosi 65 g/ tydzień (280 g miesięcznie) [115]. Może to świadczyć o tym, że spożycie ryb wśród młodych Polek jest niższe niż w całej populacji. Z drugiej strony, w niniejszym badaniu zadano tylko pytania dotyczące spożycia ryb i spożycia przetworów rybnych, a nie spożycia innych owoców morza, podczas gdy bilanse żywności i badania budżetów gospodarstw domowych dotyczą wszystkich ryb i innych owoców morza.

Należy także podkreślić, że w badaniu własnym możliwe jest niedoszacowanie z powodu niedostatecznej pamięci lub faktu, że niektóre potrawy zawierające ryby mogą nie być uznawane za źródło ryb w diecie (np. zapiekanki zawierające ryby, wrapy z wędzonym łososiem, zupa rybna itp.). Jednakże, można podejrzewać, że ryzyko niedoszacowania nie było wysokie, gdyż metoda zastosowana do oszacowania spożycia ryb w niniejszym badaniu, czyli uproszczona wersja kwestionariusza częstotliwości spożycia żywności (ang. *food frequency questionnaire*, FFQ), zwykle związana jest z przeszacowaniem spożycia żywności [116].

Inne badania również wskazują, że niskie spożycie ryb obserwuje się częściej u dzieci i młodzieży niż u dorosłych [21,109]. W USA w latach 2013-2016 jedna na pięć osób dorosłych spożywała owoce morza (w tym ryby) co najmniej dwa razy w tygodniu, podczas gdy wśród młodzieży w wieku od 2 do 19 lat zaobserwowano to tylko u jednej na osiemnaście osób [109]. Z badania NHANES przeprowadzonego w USA jeszcze wcześniej, bo w latach 2005-2010, również wynika, że najniższe spożycie ryb dotyczy osób młodych [21]. Co więcej, niemieckie badanie VeChi Youth Study wykazało, że przeciętne spożycie ryb u dzieci i młodzieży często wynosi 0,0 g/ dzień, nawet wśród osób odżywiających się w sposób tradycyjny (wszystkożerców) [107].

Biorąc pod uwagę medianę spożycia ryb w badanej grupie młodych kobiet wynoszącą 32 g/ tydzień, spożycie to powinno wzrosnąć ponad dziewięciokrotnie, aby

osiągnąć zalecane minimalne spożycie ryb wynoszące 300 g tygodniowo/ osobę [117–119]. Jednak, co ważniejsze, biorąc pod uwagę odsetek osób, które nie spełniają tego zalecenia [117–119], 95% młodych Polek powinno zwiększyć spożycie ryb do co najmniej 300 g tygodniowo. Również biorąc pod uwagę dwukrotnie niższy próg zalecanego tygodniowego spożycia ryb, a mianowicie 150 g [120,121], spożycie ryb powinno wzrosnąć u 90% młodych Polek.

1.7.3. Determinanty spożycia ryb

Jak wynika z niniejszego badania, jednym z determinantów spożycia ryb jest płeć. Młodzi Polacy spożywają o prawie 50% więcej ryb i produktów rybnych niż młode Polki (47 g vs. 32 g tygodniowo). Bardzo zbliżone wyniki uzyskano w niemieckim badaniu EsKiMo, zgodnie z którym chłopcy również spożywali o 50% ryb więcej niż dziewczęta – mediana tygodniowego spożycia ryb wśród chłopców wynosiła 42 g, podczas gdy wśród dziewcząt 28 g [108]. Wyższe spożycie ryb wśród mężczyzn, mimo że wiele badań wskazuje, że kobiety często dokonują zdrowszych wyborów żywieniowych niż mężczyźni [122–124], może wynikać z faktu, że mężczyźni zazwyczaj spożywają większe porcje żywności [125,126] oraz mają wyższą wartość energetyczną dobowej racji pokarmowej niż kobiety [127].

Ryby, które są ważnym źródłem niezbędnych składników odżywczych, takich jak witamina D, jod, selen i kwasy tłuszczowe omega-3 [128], mogą odgrywać kluczową rolę w osiągnięciu ich zalecanego spożycia. Ponieważ zalecenia żywieniowe dla wymienionych składników odżywczych nie różnią się w zależności od płci [43], wyniki niniejszego badania wskazują, że mężczyznom może być łatwiej osiągnąć zalecane spożycie ze względu na wyższe spożycie ryb w porównaniu z kobietami. Należy jednak zauważyć, że chociaż w niniejszym badaniu spożycie ryb było wyższe u mężczyzn niż u kobiet, w obu przypadkach było ono bardzo niskie.

Kolejnym determinantem wielkości spożycia ryb był rodzaj szkoły, do której uczęszczała osoba badana. Osoby uczęszczające do liceum ogólnokształcącego charakteryzowały się wyższym spożyciem ryb niż osoby uczęszczające do szkoły branżowej lub technikum (43 vs. 29 g; $p=0,010$). Spożycie ryb było także wyższe wśród osób znających dokładne zalecenia żywieniowe dotyczące spożycia ryb. Ponadto zaobserwowano korelację między wielkością spożycia ryb a wynikiem testu wiedzy o rybach. Obserwacje te wydają się być powiązane. Zgodnie z danymi dotyczącymi zdawalności egzaminów maturalnych w Polsce, 90% uczniów uczęszczających do szkół

ogólnokształcących zdało ten egzamin, podczas gdy w szkołach zawodowych w tym samym roku było to 79% [129]. Może to oznaczać, że poziom edukacji w Polsce jest zazwyczaj wyższy w szkołach ogólnokształcących w porównaniu ze szkołami zawodowymi, a poziom wykształcenia ogólnego ma prawdopodobnie wpływ na poziom wiedzy o rybach. Nie należy jednak zapominać, że nauczanie w szkołach zawodowych koncentruje się bardziej na nauce praktycznej, dlatego od uczniów tych szkół oczekuje się dokładniejszej wiedzy na temat zagadnień technicznych lub zawodowych.

Aby zwiększyć spożycie ryb, w latach 2008-2009 Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi przeprowadziło w Polsce ogólnopolskie kampanie edukacyjne na temat korzyści płynących ze spożywania ryb zatytułowane „Ryba wpływa na wszystko”. Według danych rządowych zaobserwowano wzrost spożycia ryb – średnie roczne spożycie ryb w 2007 r. wynosiło 12,91 kg/ osobę, a w 2008 r. 13,67 kg/ osobę [25]. Badanie interwencyjne przeprowadzone w Indonezji wykazało, że edukacja żywieniowa zwiększa spożycie ryb u dzieci w wieku 10-12 lat [130], podczas gdy badanie przekrojowe przeprowadzone we Włoszech i Chorwacji wykazało, że subiektywna wiedza na temat ryb jest ważnym czynnikiem prognozującym wielkość spożycia ryb [131]. Analogicznie, zgodnie z wynikami badania konsumenckiego przeprowadzonego wśród osób dorosłych mieszkających w Belgii, Holandii, Danii i Polsce, subiektywna wiedza była silnym predyktorem wielkości spożycia ryb [26]. W kontekście tych obserwacji oraz stwierdzonych w badaniu własnym korelacji między wielkością spożycia ryb a wynikiem testu wiedzy o rybach oraz wyższym spożyciu ryb wśród osób znających dokładne zalecenia żywieniowe dotyczące spożycia ryb, można przypuszczać, że edukacja żywieniowa mające na celu zwiększenie wiedzy młodych osób na temat korzyści związanych ze spożyciem ryb oraz dokładnych zaleceń spożycia ryb mogłyby poskutkować wyższym spożyciem ryb w tej grupie.

1.7.4. Wpływ zwiększenia spożycia łososia w dwóch różnych formach na stan odżywienia witaminą D

1.7.4.1. Efektywność interwencji

Analizowana interwencja żywieniowa polegająca na zwiększeniu spożycia łososia do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb nie pozwoliła na utrzymanie stężenia 25(OH)D w surowicy krwi u większości uczestniczek badania. Po ośmiu tygodniach interwencji zaobserwowano obniżenie stężenia 25(OH)D u 97% kobiet z grupy kontrolnej, ale także u 95% kobiet z grupy interwencyjnej spożywającej łososia

wędzonego i 78% kobiet z grupy interwencyjnej spożywającej parówki z łososia. Warto jednak podkreślić, że mediana obniżenia stężenia 25(OH)D była trzy i pół razy większa w grupie kontrolnej niż w grupie interwencyjnej spożywającej parówki z łososia (-15,0 nmol/l vs. -4,3 nmol/l od t0 do tk). Ponadto w grupie interwencyjnej spożywającej parówki z łososia u ponad jednej na pięć kobiet udało się utrzymać lub zwiększyć stężenie 25(OH)D w surowicy krwi po ośmiu tygodniach interwencji. Wskazuje to na pozytywny wpływ włączenia 100 g parówek z łososia jako źródła witaminy D do codziennej diety w celu spowolnienia naturalnego procesu obniżenia 25(OH)D spowodowanego brakiem syntezy skórnej witaminy D w okresie jesienno-zimowym [28].

Co zaskakujące, nie zaobserwowano statystycznie istotnej różnicy między grupą spożywającą łososia wędzonego, w której mediana obniżenia od t0 do tk wyniosła 9,3 nmol/l, a grupą kontrolną, w której wyniosła ona 15,0 nmol/l. Co więcej, obniżenie stężenia po ośmiu tygodniach interwencji w grupie spożywającej łososia wędzonego było istotnie większe niż w grupie spożywającej parówki z łososia. Sugeruje to, że codzienne spożycie 25 g wędzonego łososia nie miało wyraźnego wpływu na stan odżywienia witaminą D w porównaniu do niespożywania go (jak w przypadku grupy kontrolnej), w przeciwieństwie do 100 g parówek z łososia (pomimo, że oba produkty dostarczały około 5 µg witaminy D dziennie, a łosoś wędzony nawet nieco więcej niż parówki z łososia). Oznacza to, że wpływ zwiększenia spożycia łososia na stężenie 25(OH)D w surowicy krwi nie jest jednakowy w przypadku łososia wędzonego i parówek z łososia, nawet jeśli produkty te dostarczają podobnej ilości witaminy D.

Ponadto we wcześniejszym badaniu własnym VISA [48] (które nie stanowi przedmiotu niniejszej dysertacji, ale rozpoczęło się i zakończyło dokładnie tego samego dnia i miesiąca 4 lata wcześniej i było przeprowadzone w sposób zbliżony do niniejszego badania), średnie obniżenie stężenia 25(OH)D po ośmiu tygodniach interwencji wyniosło 8,1 nmol/l w porównaniu do 9,3 nmol/l w niniejszym badaniu. Wydaje się to nieco niespodziewane, ponieważ codzienne spożycie łososia wędzonego w cytowanym badaniu [48] wynosiło 50 g dziennie (dostarczając około 10 µg witaminy D dziennie), podczas gdy w obecnym badaniu było ono dwa razy mniejsze, więc dostarczało dwa razy mniej witaminy D dziennie. To, że obniżenie stężenia 25(OH)D w grupach spożywających 25 g i 50 g wędzonego łososia dziennie było tak podobne (odpowiednio 9,3 i 8,1 nmol/l), a także fakt, że spożywanie 25 g łososia wędzonego dziennie i bycie w grupie kontrolnej nie miały istotnie różnego wpływu na obniżenie stężenia 25(OH)D po ośmiu tygodniach

interwencji, wskazuje, że najprawdopodobniej zaistniały pewne czynniki wpływające na wchłanianie/ metabolizm witaminy D.

Z drugiej strony, pomimo podobnej, ale jednak nieco wyższej w wędzonym łososiu, ilości witaminy D w dziennej porcji wędzonego łososia i parówek z łososia (odpowiednio 5,3 i 4,4 µg), pozytywny wpływ w porównaniu do grupy kontrolnej zaobserwowano tylko w grupie spożywającej parówki z łososia, co sugeruje, że witamina D jest lepiej wchłaniana/ metabolizowana z parówek z łososia niż z wędzonego łososia. Chociaż takie różnice nie były dotąd obserwowane we wcześniejszych badaniach innych autorów, kilka możliwych wyjaśnień tego zjawiska, wynikających z pojedynczych doniesień naukowych, przedstawiono poniżej.

1.7.4.2. Możliwe wyjaśnienia zaobserwowanych różnic w efektywności interwencji pomiędzy uczestniczkami spożywającymi łososia wędzonego a uczestniczkami spożywającymi parówki z łososia

To, co różniło produkty wykorzystane w interwencji, to przede wszystkim zawarta w nich ilość tłuszczu. Podczas gdy dzienna porcja parówek z łososia dostarczała 16,7 g tłuszczu, dzienna porcja wędzonego łososia dostarczała 3,25 g, czyli ponad pięć razy mniej. Ponieważ witamina D jest rozpuszczalna w tłuszczach, jej wchłanianie może być zwiększone, gdy jest przyjmowana z posiłkiem o wysokiej zawartości tłuszczu [132]. Badania *in vitro* wskazują, że biodostępność witaminy D zależy od składu matrycy (żywności), w tym zawartości tłuszczu [42]. Jednak wyniki badań z udziałem ludzi dotyczące kierunku tego wpływu są zróżnicowane.

Z badania Raimundo i wsp. [132] wynika, że gdy kapsułka zawierająca 1250 µg suplementu witaminy D₃ była przyjmowana z posiłkiem wysokotłuszczowym (25,6 g tłuszczu w posiłku zawierającym 473 kcal, co odpowiada 48,7% energii z tłuszczu), stężenie 25(OH)D w surowicy krwi było wyższe tydzień i dwa tygodnie później w porównaniu do sytuacji, gdy kapsułka była przyjmowana z posiłkiem niskotłuszczowym (1,7 g tłuszczu w posiłku zawierającym 465 kcal, co odpowiada 3,3% energii z tłuszczu). Inne badanie przeprowadzone również przez Raimundo i wsp. [133] wykazało, że wzrost stężenia 25(OH)D w surowicy krwi dwa tygodnie po przyjęciu suplementu witaminy D był większy, gdy suplement był spożywany z posiłkiem zawierającym co najmniej 15 g tłuszczu w porównaniu z posiłkiem beztłuszczowym. Jest to zbieżne z wynikami niniejszego badania, ponieważ zawartość tłuszczu w dziennej porcji parówek z łososia wynosiła 16,7 g (ponad 15 g), a większość uczestniczek

spożywała je podczas jednego posiłku. Co więcej, badanie Dawson-Hughes i wsp. [134] wykazało, że stężenie cholekalcyferolu w osoczu było wyższe, gdy uczestnicy przyjmowali suplement zawierający 1250 µg witaminy D z posiłkiem zawierającym tłuszcz niż z posiłkiem beztłuszczowym; niestety nie oceniano w tym badaniu stężenia 25(OH)D w surowicy krwi. Z drugiej strony, wyniki innego badania interwencyjnego przeprowadzonego przez Dawson-Hughes i wsp. [135] pokazały, że podczas gdy 12 godzin po otrzymaniu suplementu witaminy D₃ (1250 µg), wzrost cholekalcyferolu w osoczu był najwyższy w grupie otrzymującej posiłek niskotłuszczowy w porównaniu do grupy otrzymującej posiłek wysokotłuszczowy i beztłuszczowy, wzrost 25(OH)D w surowicy krwi 30 i 90 dni później nie różnił się między grupami.

Pomimo braku wzrostu stężenia 25(OH)D w niniejszym badaniu, wyniki wydają się odpowiadać wynikom Raimundo i wsp. [132,133], ponieważ obniżenie stężenia 25(OH)D było mniejsze w grupie interwencyjnej spożywającej parówki z łososia, które zawierały więcej tłuszczu niż łosoś wędzony. To, co łączy te badania z niniejszym badaniem, to młody wiek uczestników (poniżej 30 lat), w przeciwieństwie do starszych uczestników badania Dawson-Hughes i wsp. [135] (średni wiek 58 lat), gdzie nie zaobserwowano różnicy w stężeniu 25(OH)D między grupami. Może to sugerować, że spożycie witaminy D (w postaci suplementu lub produktu naturalnie zawierającego duże ilości witaminy D, takiego jak parówki z łososia) skutkuje wyższym stężeniem 25(OH)D, jeśli jest spożywane z większą ilością tłuszczu tylko u młodych osób. To, czy zaobserwowane zostanie mniejsze obniżenie (jak w niniejszym badaniu), czy większy wzrost 25(OH)D (jak w badaniu Raimundo i wsp. [132]), będzie prawdopodobnie zależeć od ilości przyjętej witaminy D. Podczas gdy w badaniu Raimundo i wsp. [132] było to 1250 µg witaminy D jednorazowo, w niniejszym badaniu było to 5 µg dziennie co odpowiada 280 µg podczas całej 8-tygodniowej interwencji.

Nie należy jednak zapominać, że w cytowanych badaniach [132,134,135] uczestnikom podawano wysoką dawkę suplementu, w przeciwieństwie do niniejszego badania, w którym uczestniczki otrzymywały znacznie mniejsze ilości witaminy D w postaci produktu spożywczego. Może to skutkować innym mechanizmem wchłaniania witaminy D, ponieważ wyniki Reboul i wsp. [136] wskazują, że przy niskich dawkach (tak, jak ma to miejsce w przypadku produktów spożywczych) wchłanianie witaminy D odbywa się głównie za pośrednictwem białek. W przeciwieństwie do tego, przy wysokich dawkach farmakologicznych występuje prawdopodobnie głównie dyfuzja bierna [136].

Chociaż na podstawie wyników badania własnego wydaje się, że wyższa zawartość tłuszczu w parówkach z łososia zwiększała skuteczność interwencji, inne badania kliniczne wskazują, że witamina D może być również skutecznie wchłaniana z produktów spożywczych o niskiej zawartości tłuszczu, ale wzbogaconych witaminą D, takich jak sok pomarańczowy [137], niskotłuszczowy ser [138] i chleb [139]. Sugeruje to, że wzrost stężenia 25(OH)D można zaobserwować nawet wtedy, gdy produkty stosowane w ramach interwencji nie zawierają dużych ilości tłuszczu [137–139], co może wskazywać na to, że zawartość tłuszczu prawdopodobnie nie jest jedynym wyjaśnieniem obserwowanych zależności.

Drugim czynnikiem różnicującym łososia wędzonego i parówki z łososia jest ich sposób produkcji, a co za tym idzie – stopień przetworzenia. Parówki z łososia są produktami wysoko przetworzonymi, które zostały poddane homogenizacji, podczas gdy łosoś wędzony został w procesie produkcji poddany jedynie pokrojeniu i wędzeniu na zimno. Matryca żywności może odgrywać pewną rolę we wchłanianiu witaminy D, ponieważ wskazuje się, że witamina D musi zostać uwolniona z matrycy żywności lub suplementu, aby stała się biodostępna, co oznacza, że musi zostać rozpuszczona w micelach, aby była dostępna do wchłaniania [140].

Badania kliniczne wskazują jednak, że matryca żywności, w porównaniu z suplementem, wydaje się nie mieć wpływu na biodostępność witaminy D, gdy matrycą jest chleb [139], grzyby [141] lub ser [138]. Niemniej jednak, brak jest opublikowanych badań nad biodostępnością witaminy D z ryb poddanych różnemu stopniowi homogenizacji. Dodatkowo, w przeciwieństwie do wspomnianych badań [138,139,141], które porównywały biodostępność witaminy D z produktów spożywczych z jej biodostępnością z suplementu, w niniejszym badaniu porównano dwa różne produkty spożywcze, a nie produkt spożywczy i suplement. Przy tym warto zauważyć, że w badaniu biodostępności witaminy D z grzybów [141] wykorzystano grzyby liofilizowane i homogenizowane, podczas gdy biodostępność witaminy D ze świeżych, nieliofilizowanych grzybów była określona przez autorów cytowanego badania jako niejednoznaczna, co może sugerować, że proces liofilizacji i homogenizacji miał zasadnicze znaczenie dla biodostępności witaminy D z grzybów. To z kolei koresponduje z tym, że w niniejszej interwencji parówki z łososia, które są homogenizowane podczas produkcji, były znacznie bardziej skutecznym źródłem witaminy D niż wędzony łosoś.

Nie tylko proces homogenizacji parówek z łososia, ale także zastosowana podczas produkcji obróbka termiczna mogła mieć wpływ na biodostępność witaminy D. Badanie

oceniające wpływ różnych metod gotowania produktów wieprzowych na zawartość witaminy D wykazało, że stężenie witaminy D₃ było najwyższe w surowej i gotowanej kielbasie w porównaniu z mięsem mielonym i schabem, a także, że aktywność witaminy D była najwyższa w gotowanej kielbasie [142]. Co więcej, stężenie witaminy D₃, a także aktywność witaminy D wzrosły dla wszystkich metod obróbki termicznej, prawdopodobnie ze względu na utratę wody i/ lub tłuszczu. Tymczasem w niniejszym badaniu, podczas gdy stężenia witaminy D (µg/g) nie były takie same w wędzonym łososiu i parówkach z łososia, dzienna porcja produktu była takiej wielkości, aby zapewnić podobną (około 5 µg) ilość witaminy D. To, czy ewentualne gotowanie produktów w ramach przygotowywania ich do spożycia, które było dozwolone w niniejszym badaniu, mogło wpłynąć na wyniki, również wydaje się niejasne, ponieważ niektóre badania pokazują, że retencja witaminy D po gotowaniu jest wyższa niż w surowych produktach [142], podczas gdy inne dowodzą, że retencja zmniejsza się po obróbce cieplnej [143].

Co ważne, gdy ocenia się zawartość witaminy D w żywności, analizowane próbki są zwykle homogenizowane [139,141–143], także gdy analizowana jest zawartość witaminy D w rybach [144]. Dlatego też znacznie lepszą skuteczność parówek z łososia w porównaniu z łososiem wędzonym można wytłumaczyć faktem, że oznaczona zawartość witaminy D w łososiu wędzonym może nie odzwierciedlać ilości witaminy D, która jest biodostępna dla ludzi, ponieważ produkt ten nie jest homogenizowany przed spożyciem. Nie każda osoba gryzie i żuje wystarczająco dokładnie, aby zapewnić pełną homogenizację produktu przed połknięciem. W przeciwieństwie do tego, parówki z łososia są już zhomogenizowane przed spożyciem. Wiadomym jest, że witamina D może być wchłonięta tylko wtedy, gdy jest rozpuszczona w wystarczająco małych cząsteczkach, które mogą przejść przez błonę śluzową [145]. Istnieje również hipoteza, że enzymy trawiące białka, takie jak pepsyna i trypsina, odgrywają kluczową rolę we wchłanianiu witaminy D poprzez rozkładanie białek wiążących witaminę D znajdujących się w żywności, pomagając w ten sposób w jej uwalnianiu, a w dwunastnicy enzymy trawienne, takie jak amylazy, lipazy i proteazy, dodatkowo przyczyniają się do uwalniania witaminy D z matrycy pokarmowej [146].

Produkty zhomogenizowane zapewniają większą powierzchnię dla działania enzymów trawiennych w porównaniu do produktów niezhomogenizowanych. Dlatego też, pomimo braku twardych dowodów, prawdopodobne jest, że proces homogenizacji, będący elementem produkcji parówek z łososia, mógł być czynnikiem poprawiającym

biodostępność witaminy D. Co za tym idzie, lepsza biodostępność witaminy D w parówkach z łososia niż w łososiu wędzonym mogła spowodować większą efektywność interwencji – zakładając, że rzeczywista dostępna ilość witaminy D była dzięki homogenizacji wyższa w parówkach z łososia niż w łososiu wędzonym, pomimo tego, co wykazały analizy laboratoryjne. Ze względu jednak na brak dogłębnych badań dotyczących wpływu homogenizacji produktu na biodostępność witaminy D, pozostaje to jedynie w sferze hipotez. Na brak dostatecznej wiedzy w tym zakresie wskazują także inni naukowcy stwierdzając, że istnieje niewielka liczba badań na temat tego jak złożoność matrycy żywności wpływa na wchłanianie i biodostępność witaminy D oraz że potrzeba więcej badań, aby lepiej to zrozumieć [146].

Kolejnym możliwym wyjaśnieniem zaobserwowanych wyników może być częstotliwość spożywania produktu interwencyjnego. Uczestniczki badania zostały poinformowane, że mogą spożywać dzienną porcję produktu interwencyjnego codziennie lub spożywać podwójną porcję dzienną co drugi dzień. Zauważono, że osoby z grupy spożywającej parówki z łososia spożywały produkt interwencyjny częściej codziennie niż co drugi dzień w porównaniu do osób z grupy spożywającej wędzonego łososia. Może to stanowić pewne wyjaśnienie zaobserwowanych wyników, ponieważ rzeczywista dawka witaminy D wynosiła częściej 5 μg dziennie w grupie osób spożywających parówki z łososia, podczas gdy w grupie osób spożywających wędzonego łososia było to zazwyczaj 10 μg co drugi dzień (co odpowiadała takiej samej przeciętnej podaży dobowej, ale faktyczne dawkowanie mogło się różnić). Istnieją przesłanki, że u osób przyjmujących duże dawki witaminy D współczynnik konwersji do 25(OH)D może być wolniejszy [147]. W połączeniu z powyższą analizą może to pomóc wyjaśnić zaobserwowane wyniki, ponieważ parówki z łososia, które były spożywane częściej codziennie, a zatem dostarczały mniejsze ilości witaminy D, ale częściej, okazały się bardziej skuteczne niż wędzony łosoś, który był częściej spożywany co drugi dzień, dostarczając większe ilości witaminy D, ale rzadziej.

Ostatnim, nie mniej ważnym, wyjaśnieniem zaobserwowanych wyników może być szlak metaboliczny witaminy D w ciele człowieka. Po dostaniu się do organizmu człowieka, zarówno w wyniku syntezy skórnej, jak i spożycia pokarmu, witamina D ulega wiązaniu z białkiem wiążącym witaminę D (ang. *Vitamin D-Binding Protein*, VDBP), co umożliwia jej transport w krwioobiegu do tkanek wątroby lub do adipocytów w celu jej przechowania [148]. Wątroba stanowi główne miejsce pierwszej fazy metabolizmu witaminy D, tj. 25-hydroksylacji, prowadzącej do przekształcenia witaminy D

w 25-hydroksywitaminę D (25(OH)D) – formę oznaczaną w niniejszym badaniu [4]. Następnie 25(OH)D jest metabolizowana do 1,25-dihydroksywitaminy D (1,25(OH)₂D), co zachodzi głównie w nerkach. Ta forma jest odpowiedzialna za większość aktywności hormonalnej i biologicznej witaminy D [149]. Stężenie 1,25(OH)₂D jest ściśle regulowane przez 24-hydroksylazę – enzym, który jest indukowany przez 1,25(OH)₂D w celu promowania własnego katabolizmu [149], a także katabolizmu 25(OH)D [4]. Ponadto produkcja 1,25(OH)₂D w nerkach jest ściśle regulowana i inhibitowana przez czynniki takie jak wapń i fosforany [149]. Nawet niewielki spadek stężenia wapnia w płynie pozakomórkowym, na przykład po całonocnym poście, może wywołać kaskadę procesów biologicznych, które mogą wpływać również na metabolizm witaminy D [150]. Co więcej, ponieważ magnez odgrywa kluczową rolę w transporcie witaminy D i obu etapach hydroksylacji wymaganych do wytworzenia zarówno 25(OH)D, jak i 1,25(OH)₂D, ponieważ działa jako kofaktor, niedobór magnezu może osłabiać aktywację witaminy D [151].

W związku z tym można przypuszczać, że na ilość witaminy D przetransportowanej do wątroby, a następnie przekształconej w 25(OH)D, która była oznaczana w badaniach krwi, mogły mieć wpływ inne wątrobowe szlaki metaboliczne modulowane przez różne składniki odżywcze pochodzące z żywności. Dodatkowo, na stężenie 25(OH)D u uczestniczek badania mogło mieć wpływ stężenie 1,25(OH)₂D, które nie było oznaczane w badaniu. Co więcej, część witaminy D wchłoniętej z produktów mogła być bezpośrednio transportowana do tkanki tłuszczowej i w niej magazynowana, zamiast służyć jako substrat do hydroksylacji 25(OH)D w wątrobie, przez co nie została oznaczona w badaniach krwi. Według Heaney i wsp. [152], witamina D przechowywana w tkance tłuszczowej stanowi około 17% przyjętej dawki, przy znacznym zróżnicowaniu osobniczym, co podkreśla znaczenie również różnic indywidualnych.

1.7.4.3. Wpływ początkowego stężenia 25(OH)D na efektywność interwencji

Wyniki przeprowadzonego badania wskazują, że początkowe stężenie 25(OH)D w surowicy krwi jest czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę przy ocenie skuteczności tego typu interwencji żywieniowej. W grupie spożywającej parówki z łososia, w której interwencja była bardziej skuteczna w porównaniu do grupy spożywającej łososia wędzonego, obniżenie stężenia 25(OH)D było większe wśród osób z początkowym stężeniem 25(OH)D wynoszącym 50 nmol/l lub więcej (wskazującym na

odpowiednie stężenie witaminy D) w porównaniu do osób z początkowym stężeniem 25(OH)D poniżej 50 nmol/l (wskazującym na niedobór witaminy D).

W grupie spożywającej wędzonego łososia zaobserwowano bliską istotności statystycznej różnicę dotyczącą zmiany stężenia 25(OH)D w surowicy krwi w zależności od początkowego stanu odżywienia witaminą D. Mediana obniżenia 25(OH)D wśród uczestniczek z odpowiednim początkowym stanem odżywienia witaminą D była większa niż wśród uczestniczek z niedoborem witaminy D na początku badania. W grupie kontrolnej obniżenie stężenia 25(OH)D w surowicy krwi było podobne w obu podgrupach (niedobór vs. odpowiedni stan odżywienia witaminą D na początku badania). Wyniki te sugerują, że interwencje żywieniowe mające na celu zwiększenie spożycia witaminy D, jak ta w opisywanym badaniu, są bardziej skuteczne u osób z nieodpowiednim stanem odżywienia witaminą D. Z tego względu zalecenie spożywania większej ilości ryb o wysokiej zawartości witaminy D może być szczególnie ważne i korzystne dla osób z niskim stężeniem 25(OH)D w surowicy krwi.

Inne badania potwierdzają, że interwencje wiążą się z większymi wzrostami stężenia 25(OH)D, gdy rozpoczynają się od niskich stężeń początkowych w porównaniu z wysokimi stężeniami początkowymi [153]. W cytowanym wcześniej badaniu biodostępności witaminy D z chleba przeprowadzonym przez Natri i wsp. [139] zaobserwowano ujemną korelację między początkowym stężeniem 25(OH)D w surowicy krwi a wzrostem stężenia 25(OH)D i wskazano, że suplementacja i wzbogacanie żywności były bardziej skuteczne w poprawie stanu odżywienia witaminą D u osób z początkowym niskim jej stężeniem. Ponadto niektóre badania analizujące wpływ suplementacji niedużych dawek witaminy D zostały zaplanowane w taki sposób, aby obejmować wyłącznie uczestników i uczestniczki z niskim początkowym stężeniem 25(OH)D w surowicy krwi [141].

Nie można jednak zapomnieć o różnicach indywidualnych. W badaniu własnym w obu grupach interwencyjnych były osoby, u których stężenie 25(OH)D wzrosło po czterech i ośmiu tygodniach interwencji pomimo odpowiedniego początkowego stężenia witaminy D, a także osoby, u których stężenie 25(OH)D obniżyło się pomimo początkowego stanu odżywienia witaminą D sklasyfikowanego jako niedobór.

1.7.5. Wpływ zwiększenia spożycia ryb do poziomu zgodnego z zaleceniami, przez wprowadzenie do diety łososia wędzonego, na profil lipidowy

1.7.5.1. Efektywność interwencji

Podczas gdy nie odnotowano różnic między grupą interwencyjną a grupą kontrolną, biorąc pod uwagę bezwzględne wartości stężeń poszczególnych parametrów profilu lipidowego (TC, HDL, nie-HDL, LDL, TAG) zarówno podczas interwencji, jak i po jej zakończeniu, zaobserwowano różnice w zmianach niektórych stężeń. Po ośmiu tygodniach spożywania 200 g wędzonego łososia hodowlanego tygodniowo, u uczestniczek z grupy interwencyjnej zaobserwowano obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL, podczas gdy w tym samym okresie u uczestniczek z grupy kontrolnej zaobserwowano jego wzrost. Z metaanalizy przeprowadzonej przez Hasana i wsp. [54] wynika, że zmiana stylu życia skutkująca utratą 1 kg masy ciała zmniejsza stężenie cholesterolu frakcji LDL o 1,28 mg/dl (95% CI, -2,19 do -0,37 mg/dl). W badaniu własnym włączenie 200 g łososia wędzonego tygodniowo do diety spowodowało ponad sześciokrotnie większe obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL, co jest bardzo obiecującym wynikiem przemawiającym za zwiększeniem spożycia tłustych ryb w celu poprawy stężenia cholesterolu frakcji LDL.

Metaanaliza przeprowadzona przez Alhassan i wsp. [62] wykazała, że umiarkowane spożycie tłustych ryb (20-150 g dziennie) wiąże się ze statystycznie istotnym obniżeniem stężenia TAG i wzrostem stężenia cholesterolu frakcji HDL w porównaniu z grupą kontrolną [62]. Chociaż w niniejszym badaniu spożycie łososia odpowiadało 28,6 g tłustych ryb dziennie, co mieści się w zakresie uznanym za skuteczny w metaanalizie Alhassan i wsp. [62], zaobserwowano zmiany stężenia cholesterolu frakcji LDL, ale nie zaobserwowano istotnych różnic w zmianach stężenia cholesterolu frakcji HDL i TAG [62]. W nieco nowszym przeglądzie badań interwencyjnych stwierdzono, że podczas gdy niektóre interwencje obejmujące zwiększenie spożycia ryb skutkowały obniżeniem stężenia TAG, w innych badaniach nie odnotowano żadnych znaczących efektów w odniesieniu do stężenia TAG, zwłaszcza gdy nie było ono podwyższone przed rozpoczęciem interwencji [154].

Co ciekawe, nie zaobserwowano żadnych różnic między grupami w ciągu pierwszych czterech tygodni interwencji; odnotowano jedynie różnicę wskazującą na tendencję w zmianach stężenia cholesterolu frakcji LDL od t5 do tk, a statystycznie istotną różnicę odnotowano jedynie dla całego okresu interwencji (od t0 do tk). Może to

oznaczać, że potrzeba więcej czasu, aby zaobserwować jakiegokolwiek zmiany w profilu lipidowym. Z drugiej strony, badanie interwencyjne z udziałem kobiet i mężczyzn w wieku 23-65 lat z prawidłową lipidemią lub łagodną hiperlipidemią, w którym jedna z grup interwencyjnych spożywała około 226 g łososia tygodniowo, spowodowało obniżenie stężenia TAG i wzrost stężenia HDL w porównaniu z grupą kontrolną już po czterech tygodniach [155], co wskazuje, że nawet tak krótki czas może być wystarczający do zaobserwowania statystycznie istotnych zmian. Tak odmienne wyniki wynikają prawdopodobnie z faktu, że cytowane badanie [155] było kontrolowanym badaniem żywieniowym, w którym diety nie zawierały żadnych pokarmów bogatych w kwasy tłuszczowe omega-3 innych niż te testowane (co dotyczyło nawet stosowania olejów – w grupie interwencyjnej dozwolone było stosowanie jedynie oliwy z oliwek i oleju kukurydzianego jako tłuszczów dodanych), podczas gdy badanie własne zakładało bardziej realistyczny scenariusz, w którym uczestniczki z grupy kontrolnej zostały poinstruowane, by nie zmieniać swoich dotychczasowych zachowań żywieniowych, w związku z czym mogły one spożywać ryby i inne źródła kwasów omega-3, co miało odzwierciedlać zwiększenie spożycia ryb przy utrzymaniu dotychczasowych zachowań żywieniowych. Ponadto cytowane badanie [155] zostało opublikowane w 2009 roku, co może wskazywać, że łosoś w nim użyty mógł mieć znacząco odmienną wartość odżywczą w porównaniu do łososia użytego w niniejszym badaniu (z uwagi na fakt, że w ostatnich latach dieta łososia hodowlanego uległa zmianie, co spowodowało zmianę jego wartości odżywczej [63]); nie podano jednak szczegółowych informacji na temat łososia użytego w tym badaniu. Co więcej, starszy wiek uczestników cytowanego badania [155] również mógł odegrać pewną rolę.

Biorąc pod uwagę poszczególne wskaźniki aterogenności analizowane w niniejszym badaniu, różnice pomiędzy obiema badanymi grupami zaobserwowano w odniesieniu do zmiany wskaźnika Cholindex w trakcie badania. W grupie interwencyjnej odnotowano korzystne z punktu widzenia zdrowia obniżenie tego wskaźnika, podczas gdy w grupie kontrolnej zaobserwowano wzrost. Różnice te wynikają z odnotowanych różnic w zmianach stężenia cholesterolu frakcji LDL między grupami, ponieważ stężenie cholesterolu frakcji LDL jest składową do obliczania wskaźnika Cholindex. Niemniej jednak obniżenie tego wskaźnika jest bardzo korzystne, ponieważ uważa się, że jest on silniej związany z ryzykiem chorób układu krążenia niż inne parametry lipidowe rozpatrywane indywidualnie [91].

Wyniki przedstawionego badania wskazują, że interwencja była najbardziej skuteczna w odniesieniu do stężeń cholesterolu frakcji LDL, a co za tym idzie, zmian wskaźnika Cholindex. Należy jednak również zwrócić uwagę na malejącą wartość p dla prawie wszystkich analizowanych parametrów profilu lipidowego. Może to oznaczać, że gdyby interwencja trwała dłużej, można by również zaobserwować różnice w odniesieniu do pozostałych parametrów lipidowych.

1.7.5.2. Niekorzystny z punktu widzenia zdrowia wzrost stężenia TAG w grupie interwencyjnej

Niekorzystną z punktu widzenia zdrowia zmianą zaobserwowaną w prezentowanym badaniu był wzrost stężenia TAG w grupie interwencyjnej w porównaniu do grupy kontrolnej. Podczas gdy dla całej grupy badanej różnica ta była bliska istotności statystycznej, w podgrupie uczestniczek o podwyższonym ryzyku sercowo-naczyniowym ($WHtR > 0,5$) różnica ta była istotna statystycznie. Wzrost stężenia TAG odnotowano w grupie interwencyjnej, a obniżenie stężenia TAG w grupie kontrolnej. W przeciwieństwie do tych wyników, wyniki 4-tygodniowego badania interwencyjnego, w którym mężczyźni i kobiety z nadwagą spożywali hodowlanego łososia atlantyckiego dwa razy w tygodniu w ilościach od 90 do 270 g na porcję, pozwoliły stwierdzić, że nawet przy najniższym spożyciu łososia, tj. 180 g tygodniowo, zaobserwowano obniżenie stężenia TAG oraz wzrost stężenia cholesterolu frakcji HDL [156].

Ponadto w cytowanej uprzednio metaanalizie Alhassan i wsp. [62] oraz przeglądzie badań randomizowanych [154] stwierdzono, że spożywanie tłustych ryb wydaje się mieć działanie obniżające stężenie TAG zarówno u zdrowych, jak i chorych osób. Jednakże, w przeglądzie [154] wskazano również badania z zakresu lipidomiki, w których wzrost niektórych TAG (zwykle tych o dłuższym łańcuchu i większej liczbie desaturacji, takich jak TAG(22:6) i TAG(20:5) lub TAG(56:5) i TAG(56:7) był związany ze wzrostem spożycia tłustych ryb, co sugeruje, że spożycie ryb wpływa nie tylko na zmianę stężenia TAG, ale prawdopodobnie również przebudowuje ich strukturę. Autorzy badania wskazali w podsumowaniu, że określenie optymalnej ilości ryb potrzebnej do skutecznego obniżenia stężenia TAG wciąż pozostaje wyzwaniem [154].

1.7.5.3. Wpływ kwasów tłuszczowych omega-3 na profil lipidowy

Zmiany w parametrach profilu lipidowego obserwowane w niniejszym badaniu, a mianowicie obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL w grupie interwencyjnej i wzrost stężenia TAG w podgrupie uczestniczek o podwyższonym ryzyku sercowo-naczyniowym (WHtR > 0,5), można najprawdopodobniej przypisać długołańcuchowym kwasom tłuszczowym omega-3 występującym w łososiu, takim jak ALA, EPA i DHA. Obecność EPA i DHA, występujących głównie w rybach i owocach morza [157] sprawia, że ryby zajmują ważne miejsce w licznych zaleceniach żywieniowych [14], w tym w zaleceniach Amerykańskiego Towarzystwa Kardiologicznego w celu zmniejszenia ryzyka wystąpienia chorób układu krążenia [60,158]. Jednakże w badaniu interwencyjnym z użyciem preparatów farmaceutycznych z wyizolowanymi EPA i DHA stwierdzono, że EPA nie wpływa na stężenie cholesterolu frakcji LDL, podczas gdy DHA zwiększa jego stężenie [159], w przeciwieństwie do wyników niniejszego badania.

Z cytowanego wcześniej badania interwencyjnego [155], w którym jedna z grup interwencyjnych spożywała 2 porcje łososia tygodniowo (ok. 226 g/ tydzień), a druga porcję (42,5 g/ 2400 kcal) orzechów włoskich 6 dni w tygodniu wynika, że zwiększenie spożycia łososia spowodowało zwiększenie stężenia TC i cholesterolu frakcji LDL w porównaniu z grupą kontrolną i interwencyjną spożywającą orzechy włoskie, natomiast zwiększenie spożycia orzechów włoskich – obniżenie stężenia TC i cholesterolu frakcji LDL w porównaniu z grupą kontrolną i interwencyjną spożywającą łososia. Orzechy włoskie są źródłem kwasu omega-3 ALA, który jest prekursorem EPA i DHA. Biorąc pod uwagę fakt, że łosoś użyty w badaniu interwencyjnym przeprowadzonym przez autorkę niniejszej dysertacji był również źródłem ALA (tak jak orzechy włoskie w cytowanym badaniu [155]), zaobserwowane obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL, które nie ma odzwierciedlenia w innych badaniach interwencyjnych z użyciem ryb, można próbować tłumaczyć właśnie tym, że łosoś użyty w badaniu zawierał kwas tłuszczowy ALA (420 mg/ 100 g), który nie zawsze występuje w innych próbkach łososia, co opisano dokładniej w kolejnym podrozdziale.

Ponadto w badaniach przeprowadzonym przez innych autorów, zastąpienie nasyconych kwasów tłuszczowym przez jednonienasycone kwasy tłuszczowe (ang. *monounsaturated fatty acids*, MUFA) powodowało obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL u osób z umiarkowaną hipercholesterolemią [160], a zastąpienie oleju o wysokiej zawartości LA i niskiej zawartości ALA olejami o wysokiej zawartości

MUFA i ALA i niskiej zawartości LA powodowało obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL [161]. W badaniu własnym MUFA stanowiły aż 53% tłuszczu ogółem w łososiu użytym w interwencji, a kwasy tłuszczowe omega-3 – 14% (w tym ALA – 4,6%), co może w pewnym sposób tłumaczyć uzyskane wyniki. Z drugiej strony zawartość kwasów omega-6 była równie wysoka jak omega-3 i również stanowiła 14%. W przeciwieństwie do zacytowanych badań [160,161], w metaanalizie przeprowadzonej przez Cao i wsp. [162] stwierdzono, że spożycie MUFA nie wpływa na stężenie cholesterolu frakcji LDL, ale może obniżyć TAG. Ponadto, jak opisano powyżej, inne badania interwencyjne obejmujące zwiększenie spożycia ryb [155,156], przegląd badań interwencyjnych [154] i metaanaliza [62] wykazały, że zwiększenie spożycia tłustych ryb obniża stężenie TAG i zwiększa stężenie HDL, czego nie zaobserwowano w badaniu własnym.

1.7.5.4. Zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w łososiu

Chociaż łosoś należy do grupy ryb tłustych, o których wiadomo, że są dobrym źródłem kwasów tłuszczowych omega-3 [3], wydaje się, że różnice między różnymi próbkami łososia są ogromne, co widać porównując wartość odżywczą 100 g łososia wędzonego użytego w interwencji z danymi dla łososia wędzonego z bazy USDA [163]. W łososiu użytym w badaniu przeprowadzonym przez autorkę niniejszej dysertacji zawartość MUFA wynosiła 5,23 g, podczas gdy w łososiu z bazy USDA – 2,02 g; zawartość omega-6 w łososiu z niniejszego badania wynosiła 1270 mg, natomiast zawartość LA (głównego kwasu omega-6) w łososiu w bazie USDA – 472 mg; zawartość ALA w łososiu z niniejszego badania wynosiła 450 mg, podczas gdy w łososiu w bazie USDA – 0 mg; zawartość EPA w łososiu z niniejszego badania wynosiła 290 mg, podczas gdy w bazie USDA – 183 mg; zawartość DHA w łososiu z niniejszego badania wynosiła 320 mg, podczas gdy w bazie USDA – 267 mg [163]. Oznacza to, że łosoś użyty w interwencji zawierał więcej MUFA, więcej omega-6, więcej EPA i więcej DHA niż łosoś z bazy USDA oraz że zawierał on kwas ALA, którego łosoś z bazy USDA nie zawierał wcale. W prezentowanym badaniu całkowita zawartość tłuszczu w łososiu wynosiła 9,87 g, a w łososiu w bazie USDA 4,32 g, co wiąże się również z wartością energetyczną wędzonego łososia – w prezentowanym badaniu było to 176 kcal, a w bazie USDA 117 kcal na 100 g łososia wędzonego [163]. Wędzony łosoś użyty w interwencji był łososiem atlantyckim pochodzenia hodowlanego, podczas gdy ten w bazie danych USDA mógł pochodzić z zupełnie innego łowiska (również dzikiego), co jednak nie jest

pewne, jako że pochodzenie łososia nie zostało tam wskazane. Jednakże analiza poszczególnych kwasów tłuszczowych w łososiu różnego pochodzenia przeprowadzona przez Jensen i wsp. [86] wydaje się wskazywać, że również łosoś z bazy USDA był hodowlany. Podczas gdy stosunek omega-6/omega-3 w łososiu hodowlanym w analizie Jensen i wsp. [86] wynosił $0,7 \pm 0,01$, co jest bliskie wartości 0,9 jak ma to miejsce zarówno w przypadku łososia użytego w interwencji w badaniu własnym jak i w łososiu z bazy USDA, w dzikim łososiu wynosił $0,05 \pm 0,01$, czyli ponad dziesięć razy mniej [86]. Nie wiadomo jednak, z jakiego obszaru połowowego pochodził łosoś z bazy USDA [163].

Aby lepiej zrozumieć różnice w zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych w łososiu w zależności od próbki, warto przeanalizować skład kwasów tłuszczowych surowego hodowlanego łososia atlantyckiego z bazy danych USDA (a nie łososia wędzonego z nieokreślonego obszaru połowowego jak miało to miejsce w powyższym akapicie) [164]. Zgodnie z wynikami analizy składu hodowlanego łososia atlantyckiego zaprezentowanymi w bazie USDA, zawartość EPA w łososiu wynosiła 862 mg w porównaniu do 290 mg w łososiu użytym w badaniu własnym, a DHA wynosiła 1100 mg [164] w porównaniu do 320 mg w łososiu użytym w niniejszej interwencji. Zawartość kwasów tłuszczowych EPA i DHA jest więc około trzy razy większa w łososiu w bazie USDA niż w łososiu użytym w niniejszej interwencji. Co ważne, dane w bazie USDA nie zostały zaktualizowane po 2008 roku [164], co może wskazywać, że wartość odżywcza hodowlanego łososia atlantyckiego uległa znaczącej zmianie w ostatnich latach, przy czym obecnie zawiera on mniej EPA i DHA.

Wydaje się to mieć odzwierciedlenie w badaniach interwencyjnych prowadzonych z wykorzystaniem hodowlanego łososia atlantyckiego. W niniejszym badaniu, które przeprowadzono w latach 2021-2022, 200 g wędzonego łososia hodowlanego tygodniowo dostarczało 174 mg EPA + DHA dziennie, podczas gdy w badaniu o podobnym przebiegu, ale przeprowadzonym dziesięć lat wcześniej (2010-2012) [156], 180 g hodowlanego łososia atlantyckiego tygodniowo dostarczało 307 mg tych kwasów tłuszczowych dziennie, czyli około 1,8 razy więcej niż w badaniu własnym. Różnice te mogą wynikać z odmiennej paszy dostarczanej łososiom, a także z faktu, że cytowane badanie zostało przeprowadzone w USA [156], podczas gdy prezentowane badanie zostało przeprowadzone w Polsce. Niemniej jednak, wyraźnie widać, że istnieją znaczne różnice w zawartości EPA + DHA, a także ALA w różnych próbkach łososia, nawet w przypadku hodowlanego łososia atlantyckiego.

Można by się zastanawiać, czy proces wędzenia nie zmniejsza zawartości kwasów tłuszczowych EPA i DHA. Badania pokazują jednak, że stężenie EPA i DHA w łososiu atlantyckim po wędzeniu na zimno nie różni się od surowego łososia, podczas gdy proces wędzenia ma ochronny wpływ na EPA i DHA, co przekłada się na trzykrotnie większą utratą tych kwasów tłuszczowych w próbkach surowych w porównaniu do próbek wędzonych w trakcie przechowywania [165].

Niewielkie eksperymentalne badanie naprzemienne (ang. *cross-over*) przeprowadzone w grupie 20 zdrowych osób dorosłych ukazało bardzo interesujące i skłaniające do refleksji wyniki dotyczące wpływu zawartości EPA + DHA oraz stosunku omega-6/omega-3 na profil lipidowy [166]. Osoby biorące udział w tym badaniu spożywały 630 g dorady tygodniowo, która była uprzednio karmiona albo 100% mączką rybną, albo mączką rybną zmieszaną z białkami roślinnymi (50%/50%). Podczas gdy spożycie EPA + DHA było podobne w obu grupach osób biorących udział w badaniu, stosunek omega-6/omega-3 był prawie dwukrotnie wyższy w grupie osób spożywających doradę karmioną mączką rybną zmieszaną z białkiem roślinnym w porównaniu do grupy osób spożywających doradę karmioną 100% mączką rybną (0,91 vs. 0,48). Co ważne, stosowana przez osoby biorące udział w badaniu dieta miała duży wpływ na profil lipidowy. W grupie, która jako pierwsza spożywała ryby karmione 100% mączką rybną, po tym etapie badania zaobserwowano znaczące obniżenie stężenia TC, cholesterolu frakcji LDL i TAG, podczas gdy po drugim etapie (spożywanie ryb karmionych mączką rybną zmieszaną z białkiem roślinnym) ich stężenia powróciły do poziomów wyjściowych. W drugiej grupie nie zaobserwowano różnic po pierwszym etapie (spożywanie ryb karmionych mączką rybną zmieszaną z białkiem roślinnym), podczas gdy po drugim etapie interwencji (spożywanie ryb karmionych 100% mączką rybną) odnotowano wzrost stężenia TC [166].

Wyniki tego badania [166], pochodzące z 2013 roku, wyraźnie sugerują, że nie tylko suma EPA + DHA, ale być może nawet bardziej stosunek omega-6/omega-3 w spożywanych rybach, determinuje zmiany w profilu lipidowym osób badanych. Warto zauważyć, że jak napisano powyżej, pomimo spożywania 630 g dorady karmionej mączką rybną zmieszaną z białkiem roślinnym tygodniowo, a tym samym wysokiego spożycia EPA + DHA, nie zaobserwowano żadnych zmian w parametrach profilu lipidowego uczestników [166]. Może to pomóc wyjaśnić wyniki niniejszego badania, w którym nie zaobserwowano różnic w stężeniach TC i TAG między grupami, jako że stosunek omega-6/omega-3 w łososiu użytym w prezentowanej interwencji wynosił 0,9

– podobnie jak dorady karmionej mączką rybną zmieszaną z białkiem roślinnym w cytowanym badaniu [166]. Pomimo niejednoznacznych wyników, wydaje się, że wyższy stosunek omega-6/omega-3 we krwi związany jest z negatywnymi skutkami dla układu krążenia [167]. Również z tego powodu wydaje się, że stosunek omega-6/omega-3 w spożywanym łososiu może odgrywać istotną rolę w poprawie parametrów zdrowotnych.

W ciągu ostatnich dwóch dekad komercyjna pasza dla łososi hodowlanych zmieniła się w kierunku bardziej roślinnej ze względu na ograniczoną dostępność mączki rybnej z ryb morskich i oleju rybnego, co, jak wiadomo, skutkuje zmniejszoną zawartością EPA + DHA i zwiększoną zawartością kwasów tłuszczowych omega-6 [63]. Zdaniem Sissener [63], podczas gdy liczne interwencje żywieniowe z użyciem łososia hodowlanego wykazały korzystny wpływ na profil kwasów tłuszczowych i parametry zdrowotne u ludzi, do wielu z tych badań wykorzystano łososia karmionego paszą składającą się głównie z mączki rybnej z ryb morskich i oleju rybnego. Wyniki badania własnego, w którym, oceniając na podstawie składu kwasów tłuszczowych użytego łososia, można przypuszczać, że łosoś był karmiony w dużej mierze także składnikami pochodzenia roślinnego, wydają się wskazywać, że korzystny wpływ zwiększenia spożycia łososia na różne aspekty zdrowotne, obserwowany w metaanalizach [7,9,10,57,58,128,168], może niekoniecznie być odnotowany w badaniach prowadzonych obecnie ze względu na mniej korzystny stosunek kwasów omega-6/omega-3 w dostępnym na rynku łososiu hodowlanym. Ponadto fakt, że łosoś hodowlany karmiony głównie paszą zawierającą składniki roślinne zawiera kwas ALA, podczas gdy łosoś dziki lub łosoś hodowlany karmiony wyłącznie mączką rybną nie, może mieć wpływ na stężenia parametrów lipidowych, takich jak cholesterolu frakcji LDL. Jest to zgodne z obserwacjami z badania własnego, w którym zaobserwowano zmiany w stężeniu cholesterolu frakcji LDL. Z kolei w badaniach, w których użyto łososia niedostarczającego kwasu ALA (ze względu na brak składników roślinnych w paszy), nie zaobserwowano podobnych zmian.

Należy jednak pamiętać, że łosoś jest nie tylko źródłem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w diecie człowieka [60], ale może również dostarczać znacznych ilości witaminy D, co jest szczególnie ważne, gdy synteza skórna nie jest możliwa ze względu na szerokość geograficzną miejsca zamieszkania i porę roku [28]. Zawartość witaminy D w komercyjnie dostępnym hodowlanym łososiu atlantyckim w Polsce wynosi nawet 21,3 µg/ 100 g [64], co pokrywa 142% wystarczającego spożycia (ang. *adequate intake*, AI) wynoszącego 15 µg dziennie [43]. Ponadto łosoś może być również źródłem selenu i jodu [30].

1.8. Ograniczenia i mocne strony przeprowadzonych badań

1.8.1. Badanie ankietowe analizujące wiedzę żywieniową dotyczącą spożywania ryb oraz wielkość i determinanty spożycia ryb (badanie 1)

Przeprowadzone badanie jest badaniem dostarczającym nowych danych w zakresie zarówno wiedzy żywieniowej dotyczącej ryb (składniki odżywcze zawarte w rybach, wpływ spożywania ryb na zdrowie, korzyści i potencjalne zagrożenia związane ze spożyciem ryb, aktualne zalecenia spożycia ryb) jak i wielkości spożycia ryb, a co za tym idzie realizacji zaleceń żywieniowych dotyczących spożywania ryb. Mocną stroną badania jest duża grupa badana, a także fakt, że w badaniu wzięły udział osoby ze wszystkich siedmiu makroregionów Polski. Wydaje się to być pierwsze badanie, które analizuje wiedzę żywieniową młodych Polek z tego zakresu, a także ocenia wielkość spożycia ryb za pomocą metody, która precyzyjniej niż np. wywiad z 24 godzin pozwala oszacować typowe spożycie ryb.

Ponadto mocną stroną przedstawionego badania jest możliwość praktycznego wykorzystania wniosków z niego wyciągniętych. Z badania jasno wynika, że młode osoby, które charakteryzują się wyższym poziomem wiedzy żywieniowej dotyczącej ryb spożywają ich więcej. Analizując poszczególne pytania związane z wiedzą żywieniową można zauważyć, że młode Polki mają pewną wiedzę żywieniową, natomiast nie zawsze jest ona dogłębna – mimo tego, że generalnie postrzegają ryby jako korzystne, to prawie 70% badanych młodych Polek nie wiedziało, że ryby nie zawierają ani witaminy C ani błonnika, a także że rekomendowane jest spożywanie ryb przynajmniej dwa razy w tygodniu. Biorąc pod uwagę niskie spożycie ryb w tej grupie, a także udowodnione korzyści zdrowotne związane z większym spożyciem ryb, wyniki przeprowadzonego badania mogą być przyczynkiem do szerszej i bardziej precyzyjnej edukacji żywieniowej w kontekście spożycia ryb.

Chociaż przeprowadzone badanie przedstawia nowe obserwacje, ma ono również pewne ograniczenia. Biorąc pod uwagę część badania dotyczącą wiedzy żywieniowej pewnym ograniczeniem mogło być zastosowanie pytań zamkniętych – w kwestionariuszu przedstawiono stwierdzenia dotyczące ryb, a osoby badane miały za zadanie wskazanie, czy dane stwierdzenie jest prawdziwe czy fałszywe. Oznacza to, że istnieje ryzyko, że niektóre osoby mogły zaznaczyć odpowiedzi w sposób losowy, który nie odpowiada ich rzeczywistej wiedzy. Aby tego uniknąć można by zastosować pytania otwarte, jednakże ze względu na bardzo dużą grupę badaną, a co za tym idzie bardzo utrudnioną analizę

wyników pytań otwartych, w badaniu zastosowano pytania zamknięte. Aby zminimalizować ryzyko udzielania odpowiedzi w sposób losowy umożliwiono zaznaczanie odpowiedzi „nie wiem”, a także wskazano na początku kwestionariusza, że zbierane dane mają charakter naukowy oraz że badaczom zależy na odpowiedziach wiarygodnych (a nie poprawnych). Ze względu na fakt, że badanie przeprowadzone było wśród osób uczęszczających do szkół, a kwestionariusz był udostępniony przez nauczycieli, zwrócono się do nauczycieli i nauczycielek z prośbą o to, aby zwrócić uwagę na samodzielne wypełnianie kwestionariusza przez osoby badane.

W kontekście wielkości spożycia ryb pewnym ograniczeniem może być fakt, że uzyskane dane miały charakter retrospektywny, co może być mniej dokładne niż np. metoda bieżącego notowania spożycia żywności. Jednakże ze względu na ogólnokrajowy charakter badania, a także fakt, że zebrane dane dotyczyły ryb, które rzadko są spożywane codziennie, zastosowanie innej metody (np. wywiadu o spożyciu z 24 godzin lub 3-dniowego bieżącego notowania spożycia) nie byłoby możliwe. Aby zminimalizować ryzyko uzyskania niedokładnych danych, wiele uwagi poświęcono dokładnemu przygotowaniu pytań i dodatkowych wskazówek (np. podkreślenie jakiego rodzaju ryb dotyczy konkretne pytanie), a także przedstawieniu wielkości porcji ryb i przetworów rybnych za pomocą zdjęć wraz z odpowiadającą im masą, aby pomóc w dokładnym oszacowaniu wielkości typowo spożywanej porcji.

Kolejnym ograniczeniem jest to, że kwestionariusz nie zawierał pytań o powody spożywania lub niespożywania ryb, ani o to, czy dana osoba stosowała dietę wykluczającą ryby (np. dietę wegańską lub wegetariańską), co mogłoby uzupełnić wyniki i przyczynić się do opracowania zaleceń dotyczących zwiększenia spożycia ryb. Ponieważ jednak zbyt długi kwestionariusz mógłby skutkować niższym odsetkiem uzyskanych odpowiedzi, zdecydowano się nie zadawać tego typu pytań. Co nie mniej ważne, udział w badaniu był dobrowolny i dlatego, pomimo dążenia do reprezentatywności próby, ze względu na niski odsetek uzyskanych odpowiedzi, zebrane dane nie są reprezentatywne dla populacji Polski w tym wieku. Niemniej jednak udało się zebrać dane ze wszystkich makroregionów Polski, a analizie poddano odpowiedzi ponad 1300 młodych Polek i Polaków.

Ograniczeniem, o którym warto również wspomnieć jest także fakt, że w analizach nie uwzględniono wpływu zmiennych zakłócających oraz że badanie ma charakter przekrojowy i nie pozwala na wyciąganie wniosków przyczynowo-skutkowych.

1.8.2. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia łososia na stan odżywienia witaminą D (badanie 2)

Głównym atutem przeprowadzonego badania jest analiza wpływu zwiększenia spożycia ryb na stan odżywienia witaminą D w ramach interwencji, która zakłada spożycie ryb w takiej ilości, która jest możliwa do zastosowania w codziennej diecie, w przeciwieństwie do wielu badań, które oceniają tego rodzaju wpływ przy zastosowaniu nierealistycznie dużych porcji ryb, które są znacznie większe niż minimalne zalecane ilości spożycia ryb [169]. Dodatkowo, badanie obejmowało zarówno osoby z prawidłowym, jak i zbyt niskim początkowym stężeniem 25(OH)D, odzwierciedlając typowe zróżnicowanie w społeczeństwie. Co więcej, jest to pierwsze badanie, w którym zbadano wpływ spożywania parówek z łososia na stan odżywienia witaminą D i pierwsze, w którym porównano wpływ zwiększenia spożycia tego samego gatunku ryby, a mianowicie łososia, w dwóch różnych formach, co może pozwolić na wyciągnięcie bardziej praktycznych wniosków. Warto zauważyć, że obniżenie stężenia 25(OH)D zaobserwowano nie tylko w grupie kontrolnej, ale także w grupach interwencyjnych. Pomimo podobnego spożycia witaminy D i braku syntezy skórnej witaminy D, badanie ujawniło, że skuteczność interwencji była znacznie większa w przypadku parówek z łososia w porównaniu z łososiem wędzonym. Wyniki te są unikalne i wnoszą nowe spojrzenie na kwestię wpływu zwiększenia spożycia ryb na stan odżywienia witaminą D.

Pomimo nowatorskich obserwacji wynikających z przeprowadzonego badania, należy zwrócić uwagę również na pewne jego ograniczenia. Po pierwsze, uczestniczki mogły spożywać produkty interwencyjne albo codziennie, również w wielu porcjach, albo co drugi dzień, a także podczas dowolnego posiłku. Biorąc pod uwagę znaczące różnice w skuteczności interwencji między grupami interwencyjnymi, korzystne mogłoby być narzucenie bardziej rygorystycznych zasad spożywania produktów, aby lepiej zrozumieć przyczyny tych różnic. Jednak decyzja o pozostawieniu większej elastyczności została podjęta w celu oceny wpływu zwiększenia spożycia ryb do zalecanych ilości na stan odżywienia witaminą D w naturalnych warunkach życia uczestniczek. Dodatkowo, ponieważ witamina D jest rozpuszczalna w tłuszczach [133] i magazynowana w tkance tłuszczowej, niektórzy autorzy uważają, że codzienne jej spożycie nie jest konieczne [170]. Co więcej, elastyczne zasady dotyczące spożywania produktów interwencyjnych prawdopodobnie zwiększyły stopień przestrzegania założeń badania, o czym wspominały osoby biorące w nim udział.

Kolejnym ograniczeniem jest stosunkowo krótki okres interwencji wynoszący osiem tygodni. Biorąc pod uwagę tak zaskakujące wyniki, dłuższa interwencja mogłaby

umożliwić pogłębioną analizę wpływu zwiększenia spożycia ryb bogatych w witaminę D na stężenie 25(OH)D w okresie jesiennym. Jednakże, jak wynika z metaanalizy [169], nawet 4-tygodniowa interwencja jest wystarczająca do zaobserwowania różnic w stanie odżywienia witaminą D. Wydaje się również, że interwencje trwające dłużej powinny być planowane w inny sposób, jako że trzy czwarte uczestniczek z grupy spożywającej parówki z łososia wyrażało znużenie smakiem i konsystencją codziennie spożywanego produktu i wyraziło ulgę, że interwencja trwała tylko osiem tygodni. Ponadto odsetek osób, które zrezygnowały z udziału w badaniu z powodu niemożności przestrzegania zasad interwencji w tej grupie był znacznie wyższy niż w grupie osób spożywających wędzonego łososia i w grupie kontrolnej.

Dodatkowo, ponieważ spożycie tłuszczu wydaje się wpływać na biodostępność i wchłanianie witaminy D [133], korzystna byłaby ocena spożycia przez uczestniczki tłuszczu, w tym poszczególnych kwasów tłuszczowych, w trakcie trwania badania, zarówno w posiłku zawierającym produkt interwencyjny, jak i w ciągu całego dnia. Jednakże dokładna analiza spożycia tłuszczu jest dużym wyzwaniem, ponieważ tłuszcz jest często spożywany nieświadomie z powodu jego dodawania podczas przygotowywania posiłków, a wiele uczestniczek deklarowało spożywanie części posiłków poza domem (posiłki przygotowane przez inne osoby).

1.8.3. Badanie interwencyjne dotyczące wpływu zwiększenia spożycia łososia wędzonego na profil lipidowy młodych kobiet o nadmiernej masie ciała (badanie 3)

Przeprowadzone badanie wydaje się być pierwszym, które ocenia wpływ zwiększenia spożycia łososia hodowlanego na profil lipidowy u młodych kobiet z nadmierną masą ciała bez stosowania diety odchudzającej. Mocną stroną badania jest fakt zastosowania metody *pair-matching* podczas przydzielania uczestniczek do grupy badanej lub kontrolnej, dzięki czemu uzyskano bardzo zbliżone charakterystyki obu grup w zakresie początkowych wartości parametrów profilu lipidowego oraz BMI, co zwiększa prawdopodobieństwo tego, że zaobserwowane różnice są spowodowane badaną interwencją, a nie innymi czynnikami. Co więcej, ilość łososia zastosowana w interwencji była zgodna z zaleceniami dotyczącymi spożycia ryb (a nie znacznie większa tak jak ma to często miejsce w innych tego typu badaniach) i może być łatwo włączona do zwyczajowej diety danej osoby, dzięki czemu wdrożenie tego typu modyfikacji jest łatwiejsze. Co ważne, pomimo jedynie niewielkiej modyfikacji diety polegającej na włączeniu 200 g wędzonego łososia tygodniowo do diety uczestniczek, zaobserwowano istotne różnice między badanymi grupami w zmianie stężenia cholesterolu frakcji LDL,

zwłaszcza u uczestniczek ze wskaźnikiem WHtR powyżej 0,5, a także w zmianie wskaźnika Cholindex, który jest ważnym wskaźnikiem aterogennym. Wyniki te wskazują, że zwiększenie spożycia tłustych ryb, takich jak łosoś, może być jednym z zaleceń dla młodych kobiet z nadmierną masą ciała, które są narażone na ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych w przyszłości, w celu zmniejszenia tego ryzyka.

Pomimo licznych zalet, badanie ma również pewne ograniczenia. Do analizy włączono ostatecznie tylko 38 uczestniczek, co ogranicza możliwość uogólnienia wyników na większe populacje. Ponadto, ponieważ dla niektórych z analizowanych parametrów wykazano nieistotne, ale bliskie istotności statystycznej różnice, większa liczebność próby mogłaby przynieść więcej różnic istotnych statystycznie. Ponieważ jednak badanie zakładało włączenie jedynie młodych kobiet z nadmierną masą ciała zamieszkujących Warszawę lub jej okolice (ze względu na konieczność kilkukrotnego przybycia do miejsca prowadzenia badania), zebranie większej grupy do badania byłoby bardzo trudne. Ponadto, ponieważ interwencja trwała tylko osiem tygodni, nie można ocenić długoterminowego wpływu zwiększenia spożycia łososia hodowlanego na analizowane parametry, a także rzeczywistego obniżenia ryzyka chorób układu krążenia.

Dodatkowo, biorąc pod uwagę zaobserwowany wzrost TAG w grupie interwencyjnej w porównaniu do obniżenia w grupie kontrolnej wśród uczestniczek z WHtR powyżej 0,5, a także fakt, że na stężenie TAG mogą wpływać inne czynniki stylu życia, takie jak spożycie alkoholu, być może warto było by ocenić spożycie alkoholu przez uczestniczki podczas całego badania. Jednakże, podczas gdy niektóre badania pokazują, że wyższe spożycie alkoholu wiąże się z wyższymi stężeniami TAG [171], inne wskazują, że częstość występowania podwyższonych TAG jest najniższa u osób z umiarkowanym spożyciem alkoholu (10-20 g alkoholu/ dzień), podobnie jak ma to miejsce w przypadku zależności w kształcie litery J między spożyciem alkoholu a ryzykiem sercowo-naczyniowym [172]; stąd wydaje się, że kwestia, czy i w jaki sposób spożycie alkoholu wpływa na stężenia TAG, pozostaje wciąż nierozstrzygnięta. Wreszcie, ponieważ aktywność fizyczna może wpływać na metabolizm lipidów [173], korzystna mogła być ocena aktywności fizycznej uczestniczek przez cały czas trwania badania. Jednakże, na początku badania nie odnotowano różnic w poziomie aktywności fizycznej między grupami. Równocześnie uczestniczki zostały wyraźnie poinstruowane, aby nie podejmowały wysiłków w celu utraty masy ciała, co można osiągnąć poprzez zwiększenie aktywności fizycznej lub zmiany w diecie.

1.9. Weryfikacja hipotez badawczych

- Większość młodych Polek wie, jakie składniki odżywcze zawierają ryby oraz jakie są aktualne zalecenia spożycia ryb.
⇒ hipoteza częściowo zweryfikowana pozytywnie
- Większość młodych Polek spożywa mniej niż zalecane dwie porcje ryb tygodniowo.
⇒ hipoteza zweryfikowana pozytywnie
- Płeć żeńska, starszy wiek oraz zamieszkanie w regionie z dostępem do morza związane są z wyższym spożyciem ryb, niż w przypadku płci męskiej, młodszego wieku oraz zamieszkania w regionie bez dostępu do morza.
⇒ hipoteza zweryfikowana negatywnie
- Istnieje korelacja między wiedzą żywieniową dotyczącą ryb a wielkością spożycia ryb.
⇒ hipoteza zweryfikowana pozytywnie
- Zwiększenie spożycia ryb przez wprowadzenie do diety łososia lub produktów z łososia, pozwala na spowolnienie obniżenia stężenia 25(OH)D w surowicy krwi w okresie jesiennym u młodych kobiet niesuplementujących witaminy D.
⇒ hipoteza częściowo zweryfikowana pozytywnie
- Wpływ zwiększenia spożycia łososia na stężenie 25(OH)D w surowicy krwi jest jednakowy w przypadku różnych produktów z łososia, jeśli produkty te dostarczają takiej samej ilości witaminy D.
⇒ hipoteza zweryfikowana negatywnie
- Zwiększenie spożycia łososia do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb przyczynia się do obniżenia stężenia triglicerydów oraz podwyższenia stężenia cholesterolu frakcji HDL w surowicy krwi młodych kobiet o nadmiernej masie ciała.
⇒ hipoteza zweryfikowana negatywnie
- Zwiększenie spożycia łososia do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb ma szczególnie pozytywny wpływ na zdrowie młodych kobiet z nadmierną masą ciała o WHtR > 0,5.
⇒ hipoteza zweryfikowana negatywnie

1.10. Stwierdzenia i wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Ponad 70% młodych Polek ma wiedzę o tym, że ryby są w diecie człowieka źródłem białka i prozdrowotnych kwasów tłuszczowych oraz że spożycie ryb jest zalecane dzieciom i młodzieży. Jednakże, jedynie co druga młoda Polka wie, że ryby są dobrym źródłem witaminy D, a tylko 30% wie, że ryby nie są źródłem błonnika ani witaminy C, jak również tylko 30% wie, że zaleca się spożywać ryby w ilości przynajmniej dwóch porcji tygodniowo.
 - ⇒ Chociaż młode kobiety mają pewną ogólną wiedzę na temat ryb, większość z nich nie zna dokładnych zaleceń dotyczących ich spożycia ani nie wie, jakich konkretnie składników odżywczych ryby dostarczają.
2. Mediana spożycia ryb przez młode Polki wynosi 32 g tygodniowo, przy czym jedynie co dziesiąta młoda Polka spożywa co najmniej 150 g ryb tygodniowo, a co dwudziesta młoda Polka – co najmniej 300 g ryb tygodniowo. Młodzi mężczyźni spożywają więcej ryb niż młode kobiety, osoby uczęszczające do liceów ogólnokształcących spożywają więcej ryb niż osoby uczęszczające do szkół branżowych lub techników, a osoby znające dokładne zalecenia spożycia ryb charakteryzują się wyższym spożyciem ryb niż osoby ich nieznające.
 - ⇒ Ze względu na zaobserwowaną zależność między wiedzą żywieniową dotyczącą ryb a wielkością ich spożycia, a także fakt, że przynajmniej 90% młodych Polek powinno zwiększyć spożycie ryb aby osiągnąć zalecane ilości, niezbędnym wydaje się podjęcie działań edukowania młodych kobiet w zakresie dokładnych zaleceń spożycia ryb, a także korzyści wynikających z regularnego spożywania ryb.
3. Zwiększenie spożycia łososia (w formie różnych produktów) do ilości dostarczającej ok. 5 µg witaminy D dziennie pozwala na spowolnienie obniżenia stężenia 25(OH)D w surowicy krwi, jeśli źródłem witaminy D są parówki z łososia, ale nie łosoś wędzony. Zaobserwowana różnica wpływu w zależności od wykorzystanego produktu interwencyjnego może wynikać z większej zawartości tłuszczu w parówkach z łososia, z homogenizacji w czasie procesu produkcji parówek z łososia, z częstszego i bardziej regularnego spożywania parówek z łososia w porównaniu do łososia wędzonego, a także z czynników

indywidualnych i innych związanych z wchłanianiem i metabolizmem witaminy D.

⇒ Ze względu na zaobserwowane różnice w efektywności interwencji między grupami spożywającymi różne produkty z łososia, pomimo podobnej ilości witaminy D w porcji produktu interwencyjnego, niezbędne są dalsze badania nad biodostępnością witaminy D z różnych produktów spożywczych poddanych różnym procesom przetwórczym.

4. Zwiększenie spożycia hodowlanego łososia wędzonego do ilości odpowiadającej zalecanemu spożyciu ryb (200 g/ tydzień) może przyczynić się do obniżenia stężenia cholesterolu frakcji LDL oraz obniżenia współczynnika Cholesterolu u młodych kobiet o nadmiernej masie ciała już po ośmiu tygodniach interwencji. Malejące wartości p dla poszczególnych okresów trwania interwencji dla większości pozostałych składowych profilu lipidowego wskazują, że 8-tygodniowy czas interwencji był prawdopodobnie zbyt krótki, by ujawnić różnice istotne statystycznie w przypadku reszty składowych profilu lipidowego.

⇒ Ze względu na nieobserwowane dotąd w pracach innych autorów obniżenie stężenia cholesterolu frakcji LDL u uczestniczek z grupy interwencyjnej, a także wskazywane w literaturze duże zmiany w paszy stosowanej do karmienia łososia hodowlanego, konieczne są dalsze badania analizujące wpływ spożywania łososia hodowlanego dostępnego na rynku aktualnie na zdrowie, przy czym powinny być one planowane na czas dłuższy niż osiem tygodni interwencji.

5. Mimo potencjalnie korzystnego wpływu zwiększenia spożycia ryb na stan zdrowia w populacji młodych kobiet, najważniejszy problem stanowi ich niedostateczna wiedza młodych kobiet na ten temat, w szczególności dotycząca rekomendowanej wielkości spożycia ryb, co wiąże się z powszechnym zbyt niskim spożyciem ryb w tej grupie populacyjnej.
6. Zrealizowane interwencje, polegające na zwiększeniu spożycia ryb do poziomu rekomendowanego i trwające przez osiem tygodni, ukazały, że do uzyskania większych korzyści zdrowotnych konieczne może być włączenie do diety ryb w ilości większej niż 200 g/ tydzień, a także wydłużenie czasu trwania interwencji, co wymaga dalszych badań.
7. Niezbędne są zarówno działania edukacyjne w zakresie dokładnych zaleceń spożycia ryb oraz korzyści wynikających ze spożywania ryb, jak i prowadzenie

dalszych badań w zakresie wpływu zwiększenia spożycia łososia hodowlanego i innych gatunków ryb na zdrowie, ze względu na niewiele danych dotyczących biodostępności witaminy D z ryb, a także prawdopodobną zmianę wpływu zwiększenia spożycia łososia hodowlanego na profil lipidowy ze względu na duże zmiany w paszy łososi hodowlanych w ostatnich latach.

1.11. Bibliografia

1. Swanson, D.; Block, R.; Mousa, S.A. Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life. *Adv Nutr* **2012**, *3*, 1–7, doi:10.3945/an.111.000893.
2. Saini, R.K.; Keum, Y.S. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance – A review. *Life Sci* **2018**, *203*, 255–267, doi:10.1016/j.lfs.2018.04.049.
3. Khalili Tilami, S.; Sampels, S. Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Rev Fish Sci Aquac* **2017**, *26*, 243–253, doi:10.1080/23308249.2017.1399104.
4. Bikle, D.D. Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chem Biol* **2014**, *21*, 319–329, doi:10.1016/j.chembiol.2013.12.016.
5. Jayedi, A.; Zargar, M.S.; Shab-Bidar, S. Fish consumption and risk of myocardial infarction: A systematic review and dose-response meta-analysis suggests a regional difference. *Nutr Res* **2019**, *62*, 1–12, doi:10.1016/j.nutres.2018.10.009.
6. Zhao, W.; Tang, H.; Yang, X.; Luo, X.; Wang, X.; Shao, C.; He, J. Fish consumption and stroke risk: A meta-analysis of prospective cohort studies. *J Stroke Cerebrovasc Dis* **2019**, *28*, 604–611, doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.10.036.
7. Karimi, G.; Heidari, Z.; Firouzi, S.; Haghghatdoost, F. A systematic review and meta-analysis of the association between fish consumption and risk of metabolic syndrome. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* **2020**, *30*, 717–729, doi:10.1016/j.numecd.2020.02.001.
8. Kim, E.; Je, Y. Fish consumption and the risk of dementia: Systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Psychiatry Res* **2022**, *317*, doi:10.1016/j.psychres.2022.114889.
9. Li, F.; Liu, X.; Zhang, D. Fish consumption and risk of depression: A meta-analysis. *J Epidemiol Community Health* **2016**, *70*, 299–304, doi:10.1136/jech-2015-206278.
10. Zhao, L.G.; Sun, J.W.; Yang, Y.; Ma, X.; Wang, Y.Y.; Xiang, Y.B. Fish consumption and all-cause mortality: A meta-analysis of cohort studies. *Eur J Clin Nutr* **2016**, *70*, 155–161, doi:10.1038/ejcn.2015.72.
11. WHO/FAO. *Report of a joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: Geneva, 28 January–1 February 2002*; World Health Organization: Geneva, Szwajcaria, 2003.
12. Visseren, F.L.J.; Mach, F.; Smulders, Y.M.; Carballo, D.; Koskinas, K.C.; Bäck, M.; Benetos, A.; Biffi, A.; Boavida, J.M.; Capodanno, D.; et al. 2021 ESC guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J* **2021**, *42*, 3227–3337, doi:10.1093/eurheartj/ehab484.
13. American Heart Association. Fish and omega-3 fatty acids. Dostępne online: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/fats/fish-and-omega-3-fatty-acids> (dostęp 4 listopada 2024).
14. Lofstedt, A.; de Roos, B.; Fernandes, P.G. Less than half of the European dietary recommendations for fish consumption are satisfied by national seafood supplies. *Eur J Nutr* **2021**, *60*, 4219–4228, doi:10.1007/s00394-021-02580-6.
15. Narodowe Centrum Edukacji Narodowej. Talerz zdrowego żywienia. Dostępne online: <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/talerz-zdrowego-zywienia/> (dostęp 20 listopada 2024).
16. Marí, J.T.; Alías, M.S.; de la Cruz, J.N.; Ibáñez, M.V. Zdrowa dieta dla wszystkich – poradnik Hiszpańskiej Agencji ds. Bezpieczeństwa Żywności i Żywienia (w języku

- hiszpańskim). Dostępne online: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/alimentacion_sana_para_todos.pdf (dostęp 20 listopada 2024).
17. Tlustý, M.F. Food-based dietary guidelines for seafood do not translate into increased long-chain omega-3 levels in the diet for U.S. consumers. *Foods* **2021**, *10*, doi:10.3390/foods10081816.
 18. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. *The EU fish market – 2024 edition*; Publications Office of the European Union: Luksemburg, 2024; s. 37–59, doi:10.2771/716731.
 19. Sekula, W.; Nelson, M.; Figurska, K.; Oltarzewski, M.; Weisell, R.; Szponar, L. Comparison between household budget survey and 24-hour recall data in a nationally representative sample of Polish households. *Public Health Nutr* **2005**, *8*, 430–439, doi:10.1079/phn2004695.
 20. Welch, A.; Lund, E.; Amiano, P.; Dorronsoro, M.; Brustad, M.; Kumle, M.; Rodriguez, M.; Lasheras, C.; Janzon, L.; Jansson, J.; et al. Variability of fish consumption within the 10 European countries participating in the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutr* **2002**, *5*, 1273–128, doi:10.1079/phn2002404.
 21. Jahns, L.; Raatz, S.K.; Johnson, L.A.K.; Kranz, S.; Silverstein, J.T.; Picklo, M.J. Intake of seafood in the US varies by age, income, and education level but not by race-ethnicity. *Nutrients* **2014**, *6*, 6060–6075, doi:10.3390/nu6126060.
 22. Dymkowska-Malesa, M.; Walczak, Z.; Zakrzewski, J. Evaluation of the level of fish consumption among students in grades 4–6 of primary schools in Koszalin. *Probl Hig Epidemiol* **2014**, *95*, 182–185.
 23. Przysławski, J.; Stelmach, M.; Grygiel-Górniak, B.; Mardas, M.; Walkowiak, J. Dietary habits and nutritional status of female adolescents from the Great Poland region. *Pol J Food Nutr Sci* **2011**, *61*, 73–78, doi:10.2478/v10222-011-0008-6.
 24. Derbyshire, E. Oily fish and omega-3s across the life stages: A focus on intakes and future directions. *Front Nutr* **2019**, *6*, doi:10.3389/fnut.2019.00165.
 25. Odpowiedź podsekretarza stanu w Ministerstwie Rolnictwa i Rozwoju Wsi – z upoważnienia ministra – na interpelację nr 25918 w sprawie kosztów kampanii medialnych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Dostępne online: <https://www.sejm.gov.pl/Sejm7.nsf/InterpelacjaTresc.xsp?key=4210420B> (dostęp 19 stycznia 2025).
 26. Pieniak, Z.; Verbeke, W.; Scholderer, J. Health-related beliefs and consumer knowledge as determinants of fish consumption. *J Hum Nutr Diet* **2010**, *23*, 480–488, doi:10.1111/j.1365-277x.2010.01045.x.
 27. Christakos, S.; Dhawan, P.; Verstuyf, A.; Verlinden, L.; Carmeliet, G. Vitamin D: Metabolism, molecular mechanism of action, and pleiotropic effects. *Physiol Rev* **2016**, *96*, 365, doi:10.1152/physrev.00014.2015.
 28. Webb, A.R.; Kline, L.; Holick, M.F. Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of vitamin D₃: Exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote vitamin D₃ synthesis in human skin. *J Clin Endocrinol Metab* **1988**, *67*, 373–378, doi:10.1210/jcem-67-2-373.
 29. Benedik, E. Sources of vitamin D for humans. *Int J Vitamin Nutr Res* **2022**, *92*, 118–125, doi:10.1024/0300-9831/a000733.
 30. Kunachowicz, H.; Przygoda, B.; Nadolna, I.; Iwanow, K. *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*; Wydawnictwo Lekarskie PZWL: Warszawa, Polska, 2020.

31. Cui, A.; Zhang, T.; Xiao, P.; Fan, Z.; Wang, H.; Zhuang, Y. Global and regional prevalence of vitamin D deficiency in population-based studies from 2000 to 2022: A pooled analysis of 7.9 million participants. *Front Nutr* **2023**, *10*, 1070808, doi:10.3389/fnut.2023.1070808.
32. United States (US) National Institutes of Health – Office of Dietary Supplements. Fact sheet for health professionals – Vitamin D. Dostępne online: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/> (dostęp 22 lutego 2024).
33. Royal Osteoporosis Society. Vitamin D supplements and tests. Dostępne online: <https://strwebprdmedia.blob.core.windows.net/media/4jnlbtcc/ros-vitamin-d-supplements-and-tests.pdf> (dostęp 22 lutego 2024).
34. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Dietary reference values for vitamin D. *EFSA J* **2016**, *14*, e04547, doi:10.2903/j.efsa.2016.4547.
35. Płudowski, P.; Kos-Kudła, B.; Walczak, M.; Fal, A.; Zozulińska-Ziółkiewicz, D.; Sieroszewski, P.; Peregud-Pogorzelski, J.; Lauterbach, R.; Targowski, T.; Lewiński, A.; et al. Guidelines for preventing and treating vitamin D deficiency: A 2023 update in Poland. *Nutrients* **2023**, *15*, 695, doi:10.3390/nu15030695.
36. Cashman, K.D.; Dowling, K.G.; Škrabáková, Z.; Gonzalez-Gross, M.; Valtueña, J.; De Henauw, S.; Moreno, L.; Damsgaard, C.T.; Michaelsen, K.F.; Mølgaard, C.; et al. Vitamin D deficiency in Europe: Pandemic? *Am J Clin Nutr* **2016**, *103*, 1033–1044, doi:10.3945/ajcn.115.120873.
37. Andersen, R.; Mølgaard, C.; Skovgaard, L.T.; Brot, C.; Cashman, K.D.; Chabros, E.; Charzewska, J.; Flynn, A.; Jakobsen, J.; Karkkainen, M.; et al. Teenage girls and elderly women living in northern Europe have low winter vitamin D status. *Eur J Clin Nutr* **2005**, *59*, 533–541, doi:10.1038/sj.ejcn.1602108.
38. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du Travail (ANSES). Vitamin D: Why do I need an adequate intake and how can I make sure I get it? Dostępne online: <https://www.anses.fr/en/content/vitamin-d-why-do-i-need-adequate-intake-and-how-can-i-make-sure-i-get-it> (dostęp 26 lutego 2025).
39. Voedingscentrum. Vitamine D (w języku holenderskim). Dostępne online: <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/vitamine-d.aspx#blokhoeveel-vitamine-d-heb-je-per-dag-nodig?> (dostęp 26 lutego 2025).
40. German Nutrition Society. New reference values for vitamin D. *Ann Nutr Metab* **2012**, *60*, 241–246, doi:10.1159/000337547.
41. Finnish Food Authority – Ruokavirasto. Special instructions and restrictions – Vitamin D supplementation. Dostępne online: <https://www.ruokavirasto.fi/en/foodstuffs/healthy-diet/nutrition-and-food-recommendations/special-instructions-and-restrictions/> (dostęp 26 lutego 2025).
42. Pasidi, E.; Varelzis, P. Vitamin D3 bioaccessibility from supplements and foods – Gastric pH effect using a static in vitro gastrointestinal model. *Molecules* **2024**, *29*, 1153, doi:10.3390/molecules29051153.
43. Rychlik, E.; Stoś, K.; Woźniak, A.; Mojska, A. *Normy żywienia dla populacji Polski*; Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Instytut Badawczy: Warszawa, Polska, 2024. Dostępne online: <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/zasady-zdrowego-zywienia/normy-zywieniowe-2024/> (dostęp 22 stycznia 2025).
44. Lucey, A.J.; Paschos, G.K.; Cashman, K.D.; Martínéz, J.A.; Thorsdottir, I.; Kiely, M. Influence of moderate energy restriction and seafood consumption on bone turnover in overweight young adults. *Am J Clin Nutr* **2008**, *87*, 1045–1052, doi:10.1093/ajcn/87.4.1045.
45. Hansen, A.L.; Dahl, L.; Bakke, L.; Frøyland, L.; Thayer, J.F. Fish consumption and heart rate variability. *J Psychophysiol* **2010**, *24*, 41–47, doi:10.1027/0269-8803/a000007.

46. Manios, Y.; Moschonis, G.; Kafatos, A.; Tzanetakou, I.; Bountziouka, V.; Papadimitriou, A. Dietary intake of vitamin D, calcium, and phosphorus and the risk of osteoporosis in elderly men and women: The role of diet and supplementation. *Nutrients* **2017**, *9*, 405, doi:10.3390/nu9040405.
47. Bratlie, M.; Hagen, I.V.; Helland, A.; Midttun, Ø.; Ulvik, A.; Rosenlund, G.; Sveier, H.; Mellgren, G.; Ueland, P.M.; Gudbrandsen, O.A. Five salmon dinners per week were not sufficient to prevent the reduction in serum vitamin D in autumn at 60° north latitude: A randomised trial. *Br J Nutr* **2020**, *123*, 419–427, doi:10.1017/s0007114519002964.
48. Utri, Z.; Głąbska, D. Salmon intake intervention in the vulnerable group of young Polish women to maintain vitamin D status during the autumn season. *Sustainability* **2020**, *12*, 2829, doi:10.3390/su12072829.
49. WHO. Obesity and Overweight. Dostępne online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (dostęp 25 września 2024).
50. Panuganti, K.K.; Nguyen, M.; Kshirsagar, R.K. Obesity. Dostępne online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459357/> (dostęp 25 września 2024).
51. Jayedi, A.; Soltani, S.; Motlagh, S.Z.; Emadi, A.; Shahinfar, H.; Moosavi, H.; Shab-Bidar, S. Anthropometric and adiposity indicators and risk of type 2 diabetes: Systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *BMJ* **2022**, *376*, e067516, doi:10.1136/bmj-2021-067516.
52. Opio, J.; Croker, E.; Odongo, G.S.; Attia, J.; Wynne, K.; McEvoy, M. Metabolically healthy overweight/obesity are associated with increased risk of cardiovascular disease in adults, even in the absence of metabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Obesity Reviews* **2020**, *21*, doi:10.1111/obr.13127.
53. Zaen, N.A.; Tamtomo, D.; Ichsan, B. Effects of overweight and obesity on hypertension in adolescents: A meta-analysis. *J Epidemiol Public Health* **2023**, *8*, 109–120, doi:10.26911/jepublichealth.2023.08.01.10.
54. Hasan, B.; Nayfeh, T.; Alzuabi, M.; Wang, Z.; Kuchkuntla, A.R.; Prokop, L.J.; Newman, C.B.; Murad, M.H.; Rajjo, T.I. Weight loss and serum lipids in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab* **2020**, *105*, 3695–3703, doi:10.1210/clinem/dgaa673.
55. Boutari, C.; Mantzoros, C.S. A 2022 update on the epidemiology of obesity and a call to action: As its twin COVID-19 pandemic appears to be receding, the obesity and dysmetabolism pandemic continues to rage on. *Metabolism* **2022**, *133*, 155217, doi:10.1016/j.metabol.2022.155217.
56. Wane, S.; van Uffelen, J.G.Z.; Brown, W. Determinants of weight gain in young women: A review of the literature. *J Womens Health* **2010**, *19*, 1327–1340, doi:10.1089/jwh.2009.1738.
57. Jayedi, A.; Shab-Bidar, S. Fish consumption and the risk of chronic disease: An umbrella review of meta-analyses of prospective cohort studies. *Adv Nutr* **2020**, *11*, 1123–1133, doi:10.1093/advances/nmaa029.
58. Zhang, B.; Xiong, K.; Cai, J.; Ma, A. Fish consumption and coronary heart disease: A meta-analysis. *Nutrients* **2020**, *12*, 2278, doi:10.3390/nu12082278.
59. FAO/WHO. *FAO/WHO Background Document on the Risks and Benefits of Fish Consumption*; FAO/WHO: Rzym, Włochy, 2024.
60. Rimm, E.B.; Appel, L.J.; Chiuve, S.E.; Djoussé, L.; Engler, M.B.; Kris-Etherton, P.M.; Mozaffarian, D.; Siscovick, D.S.; Lichtenstein, A.H. Seafood long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: A science advisory from the

- American Heart Association. *Circulation* **2018**, *138*, e35–e47, doi:10.1161/cir.0000000000000574.
61. Mohan, D.; Mente, A.; Dehghan, M.; Rangarajan, S.; O'Donnell, M.; Hu, W.; Dagenais, G.; Wielgosz, A.; Lear, S.; Wei, L.; Diaz, R.; Avezum, A.; Lopez-Jaramillo, P.; Lanas, F.; Swaminathan, S.; Kaur, M.; Vijayakumar, K.; Mohan, V.; Gupta, R.; Szuba, A.; Iqbal, R.; Yusuf, R.; Mohammadifard, N.; Khatib, R.; Yusoff, K.; Gulec, S.; Rosengren, A.; Yusufali, A.; Wentzel-Viljoen, E.; Chifamba, J.; Dans, A.; Alhabib, K.F.; Yeates, K.; Teo, K.; Gerstein, H.C.; Yusuf, S. Associations of fish consumption with risk of cardiovascular disease and mortality among individuals with or without vascular disease from 58 countries. *JAMA Intern Med* **2021**, *181*, 631–649, doi:10.1001/jamainternmed.2021.0036.
 62. Alhassan, A.; Young, J.; Lean, M.E.J.; Lara, J. Consumption of fish and vascular risk factors: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Atherosclerosis* **2017**, *266*, 87–94, doi:10.1016/j.atherosclerosis.2017.09.028.
 63. Sissener, N.H. Are we what we eat? Changes to the feed fatty acid composition of farmed salmon and its effects through the food chain. *J Exp Biol* **2018**, *221*, doi:10.1242/jeb.161521.
 64. Utri-Khodadady, Z.; Głąbska, D.; Guzek, D. Effect of consuming salmon products on vitamin D status of young Caucasian women in autumn – A randomized 8-week dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) intervention study. *Nutrients* **2024**, *16*, 3565, <https://doi.org/10.3390/nu16203565>.
 65. Utri-Khodadady, Z.; Głąbska, D. Effects of increasing farmed salmon intake to the recommended fish-intake amounts on lipid profile in young women: An 8-week intervention study. *Nutrients* **2024**, *16*, 4051, doi:10.3390/NU16234051.
 66. FAO/WHO. *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption: Rome, 25–29 January 2010*; FAO/WHO: Rzym, Włochy, **2011**.
 67. Rejestr Szkół i Placówek Oświatowych. Dostępne online: <https://rspo.gov.pl/> (dostęp 19 stycznia 2021).
 68. GUS – Bank Danych Lokalnych. Współczynniki skolaryzacji – szkolnictwo ponadpodstawowe. Dostępne online: <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat> (dostęp 24 kwietnia 2023).
 69. GUS – Bank Danych Lokalnych. Klasyfikacja NUTS w Polsce. Dostępne online: <https://stat.gov.pl/statystyka-regionalna/jednostki-terytorialne/klasyfikacja-nuts/klasyfikacja-nuts-w-polsce/> (dostęp 2 marca 2023).
 70. Kalkulator OLAF. Dostępne online: <https://nauka.czd.pl/kalkulator-2/> (dostęp 11 maja 2022).
 71. De Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* **2007**, *85*, 660–667, doi:10.2471/blt.07.043497.
 72. WHO. A healthy lifestyle – WHO Recommendations. Dostępne online: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations> (dostęp 24 kwietnia 2023).
 73. Burger, J.; Gochfeld, M. Knowledge about fish consumption advisories: A risk communication failure within a university population. *Sci Total Environ* **2008**, *390*, 346–354, doi:10.1016/j.scitotenv.2007.10.016.
 74. Dahl, L.; Mæland, C.A.; Bjørkkjær, T. A short food frequency questionnaire to assess intake of seafood and n-3 supplements: Validation with biomarkers. *Nutr J* **2011**, *10*, 127, doi:10.1186/1475-2891-10-127.

75. Szponar, L.; Wolnicka, K.; Rychlik, E. *Album fotografii produktów i potraw*; Moiska, K., Ed.; Instytut Żywności i Żywienia: Warszawa, Polska, 2000.
76. Jakobsen, J.; Smith, C.; Bysted, A.; Cashman, K.D. Vitamin D in wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) – What do we know? *Nutrients* **2019**, *11*, **982**, doi:10.3390/nu11050982.
77. *EN 12821: 2009-08*; Foodstuffs – determination of vitamin D by high performance liquid chromatography – measurement of cholecalciferol (D3) or ergocalciferol (D2). European Committee for Standardization: Bruksela, Belgia, 2009.
78. Temova Rakuša, Ž.; Pišlar, M.; Kristl, A.; Roškar, R. Comprehensive stability study of vitamin D3 in aqueous solutions and liquid commercial products. *Pharmaceutics* **2021**, *13*, 617, doi:10.3390/pharmaceutics13050617.
79. Taylor, P.N.; Davies, J.S. A review of the growing risk of vitamin D toxicity from inappropriate practice. *Br J Clin Pharmacol* **2018**, *84*, 1121–1127, doi:10.1111/bcp.13573.
80. Głabska, D.; Guzek, D.; Sidor, P.; Włodarek, D. Vitamin D dietary intake questionnaire validation conducted among young Polish women. *Nutrients* **2016**, *8*, 36, doi:10.3390/nu8010036.
81. GUS. Rocznik Demograficzny 2023. Dostępne online: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-demograficzny-2023,3,17.html> (dostęp 14 października 2024).
82. Traczyk, I.; Kucharska, A.; Sińska, B.I.; Panczyk, M.; Wronka, L.; Raciborski, F.; Szostak-Węgierek, D.; Samoliński, B. Every second adult inhabitant of Poland (aged 18–64) is overweight – Results of representative cross-sectional studies conducted in 2017–2020. *Ann Agric Environ Med* **2023**, *30*, 322–330, doi:10.26444/aaem/165913.
83. Sewerynek, E.; Cieślak, K.; Janik, M.; Gowin, E.; Stuss, M. Evaluation of vitamin D concentration in a population of young, healthy women – The effects of vitamin D supplementation. *Endokrynol Pol* **2015**, *68*, 533–540, doi:10.5603/ep.a2017.0042.
84. Nuttall, F.Q. Body Mass Index: obesity, BMI, and health: A critical review. *Nutr Today* **2015**, *50*, 117, doi:10.1097/nt.0000000000000092.
85. Colombo, S.M.; Mazal, X. Investigation of the nutritional composition of different types of salmon available to Canadian consumers. *J Agric Food Res* **2020**, *2*, doi:10.1016/j.jafr.2020.100056.
86. Jensen, I.J.; Eilertsen, K.E.; Otnæs, C.H.A.; Mæhre, H.K.; Elvevoll, E.O. An update on the content of fatty acids, dioxins, PSBs and heavy metals in farmed, escaped and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods* **2020**, *9*, 1901, doi:10.3390/foods9121901.
87. Scientific opinion on the tolerable upper intake level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA J* **2012**, *10*, doi:10.2903/j.efsa.2012.2815.
88. Solnica, B.; Sygitowicz, G.; Sitkiewicz, D.; Cybulska, B.; Józwiak, J.; Odrowąż-Sypniewska, G.; Banach, M. 2020 Guidelines of the Polish Society of Laboratory Diagnostics (PSLD) and the Polish Lipid Association (PoLA) on laboratory diagnostics of lipid metabolism disorders. *Arch of Med Sci* **2020**, *16*, 237–252, doi:10.5114/aoms.2020.93253.
89. Dobiášová, M. Atherogenic index of plasma [log(triglycerides/HDL-cholesterol)]: Theoretical and practical implications. *Clin Chem* **2004**, *50*, 1113–1115, doi:10.1373/clinchem.2004.033175.
90. Gol, R.M.; Rafrat, M.; Jafarabadi, M.A. Assessment of atherogenic indices and lipid ratios in the apparently healthy women aged 30–55 years. *Arter Hypertens* **2021**, *25*, 172–177, doi:10.5603/ah.a2021.0020.

91. Akpınar, O.; Bozkurt, A.; Acartürk, E.; Şeydaoğlu, G. A new index (CHOLINDEX) in detecting coronary artery disease risk. *Anadolu Kardiyol Derg* **2013**, *13*, 315–319, doi:10.5152/akd.2013.098.
92. Salcedo-Cifuentes, M.; Belalcazar, S.; Acosta, E.Y.; Medina-Murillo, J.J. Conventional biomarkers for cardiovascular risks and their correlation with the Castelli Risk Index-indices and TG/HDL-C. *Arch Med (Manizales)* **2019**, *20*, 11–22, doi:10.30554/archmed.20.1.3534.2020.
93. Wan, K.; Zhao, J.; Huang, H.; Zhang, Q.; Chen, X.; Zeng, Z.; Zhang, L.; Chen, Y. The association between triglyceride/high-density lipoprotein cholesterol ratio and all-cause mortality in acute coronary syndrome after coronary revascularization. *PLoS One* **2015**, *10*, e0123521, doi:10.1371/journal.pone.0123521.
94. Bays, H.E.; Kirkpatrick, C.; Maki, K.C.; Toth, P.P.; Morgan, R.T.; Tondt, J.; Christensen, S.M.; Dixon, D.; Jacobson, T.A. Obesity, dyslipidemia, and cardiovascular disease: A joint expert review from the Obesity Medicine Association and the National Lipid Association 2024. *Obesity Pillars* **2024**, *10*, 100108, doi:10.1016/j.obpill.2024.100108.
95. Xue, R.; Li, Q.; Geng, Y.; Wang, H.; Wang, F.; Zhang, S. Abdominal obesity and risk of CVD: A dose–response meta-analysis of thirty-one prospective studies. *Br J Nutr* **2021**, *126*, 1420–1430, doi:10.1017/s0007114521000064.
96. Potter, A.W.; Chin, G.C.; Looney, D.P.; Friedl, K.E. Defining overweight and obesity by percent body fat instead of Body Mass Index. *J Clin Endocrinol Metab* **2024**, 1–5, doi:10.1210/clinem/dgae341.
97. Sousa, I.R.; Miranda, M.; Gomes, H.; Figueiredo, A.; Silva, J.; Campos, J. Relationship between smoking and lipid profile in four primary health care units: A research study. *Cureus* **2024**, *16*, doi:10.7759/cureus.69172.
98. Willett, W.; Hennekens, C.H.; Castelli, W.; Rosner, B.; Evans, D.; Taylor, J.; Kass, E.H. Effects of cigarette smoking on fasting triglyceride, total cholesterol, and HDL-cholesterol in women. *Am Heart J* **1983**, *105*, 417–421, doi:10.1016/0002-8703(83)90358-7.
99. Nuvero – profesjonalny program dla dietetyków. Dostępne online: <https://nuvero.pl/> (dostęp 12 listopada 2024).
100. USDA. Food Data Central. Dostępne online: <https://fdc.nal.usda.gov/> (dostęp 20 listopada 2024).
101. Bays, H.E.; Toth, P.P.; Kris-Etherton, P.M.; Abate, N.; Aronne, L.J.; Brown, W.V.; Gonzalez-Campoy, J.M.; Jones, S.R.; Kumar, R.; La Forge, R.; Samuel, V.T. Obesity, adiposity, and dyslipidemia: A consensus statement from the National Lipid Association. *J Clin Lipidol* **2013**, *7*, 304–383, doi:10.1016/j.jacl.2013.04.001.
102. The Jamovi Project. jamovi (Version 2.6.2.0). 2024. Dostępne online: <https://www.jamovi.org> (dostęp 2 kwietnia 2024).
103. Bloomingdale, A.; Guthrie, L.B.; Price, S.; Wright, R.O.; Platek, D.; Haines, J.; Oken, E. A qualitative study of fish consumption during pregnancy. *Am J Clin Nutr* **2010**, *92*, 1234–1240, doi:10.3945/ajcn.2010.30070.
104. Sinikovic, D.S.; Yeatman, H.R.; Cameron, D.; Meyer, B.J. Women’s awareness of the importance of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid consumption during pregnancy: Knowledge of risks, benefits and information accessibility. *Public Health Nutr* **2009**, *12*, 562–569, doi:10.1017/s1368980008002425.
105. Ługowska, K.; Kolanowski, W. The nutritional behaviour of pregnant women in Poland. *Int J Environ Res Public Health* **2019**, *16*, doi:10.3390/ijerph16224357.
106. Książek, P.; Kozłowiec, J.; Kozłowiec, M. The nutritional knowledge of pregnant women. *Pol J Publ Health* **2015**, *124*, 191–194, doi:10.1515/pjph-2015-0006.

107. Alexy, U.; Fischer, M.; Weder, S.; Längler, A.; Michalsen, A.; Keller, M. Food group intake of children and adolescents (6-18 years) on a vegetarian, vegan or omnivore diet: Results of the VeChi Youth Study. *Br J Nutr* **2022**, *128*, 851–862, doi:10.1017/s0007114521003603.
108. Brettschneider, A.K.; Lage Barbosa, C.; Haftenberger, M.; Lehmann, F.; Mensink, G.B. Adherence to food-based dietary guidelines among adolescents in Germany according to socio-economic status and region: Results from Eating Study as a KiGGS Module (EsKiMo) II. *Public Health Nutr* **2021**, *24*, 1216–1228, doi:10.1017/s136898002100001x.
109. Terry, A.L.; Herrick, K.A.; Afful, J.; Ahluwalia, N. Seafood consumption in the United States, 2013–2016. *NCHS Data Brief* **2018**, *321*.
110. Hinz, A.; Michalski, D.; Schwarz, R.; Herzberg, P.Y. The acquiescence effect in responding to a questionnaire. *Psychosoc Med* **2007**, *4*.
111. Verbeke, W.; Sioen, I.; Pieniak, Z.; Van Camp, J.; De Henauw, S. Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption. *Public Health Nutr* **2005**, *8*, 422–429, doi:10.1079/phn2004697.
112. Utri, Z.; Głąbska, D. Vitamin D intake in a population-based sample of young Polish women, its major sources and the possibility of meeting the recommendations. *Foods* **2020**, *9*, doi:10.3390/foods9101482.
113. Lachowicz, K.; Stachoń, M. Determinants of dietary vitamin D intake in population-based cohort sample of Polish female adolescents. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, doi:10.3390/ijerph191912184.
114. EUMOFA – European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture. *The EU Fish Market 2023 Edition*; Publications Office of the European Union: Luksemburg, Luksemburg, 2023. Dostępne online: https://eumofa.eu/documents/20124/35668/EFM2023_EN.pdf/95612366-79d2-a4d1-218b-8089c8e7508c?t=1699541180521 (dostęp 17 czerwca 2023), doi:10.2771/38507.
115. Rogalińska, D.; Brzostowska, M.; Hausman-Czerwińska, J.; Jelińska-Hryniewicz, J.; Król, K.; Moskalewicz, M.; Piórkowska, I.; Poświata, J. Gospodarstwa domowe. Mieszkania. *Rocznik Statystyczny Województw*; Główny Urząd Statystyczny: Warszawa, Polska, 2022; s. 64.
116. Kowalkowska, J.; Slowinska, M.A.; Slowinski, D.; Długosz, A.; Niedzwiedzka, E.; Wadolowska, L. Comparison of a full food-frequency questionnaire with the three-day unweighted food records in young polish adult women: Implications for dietary assessment. *Nutrients* **2013**, *5*, 2747–2776, doi:10.3390/nu5072747.
117. Narodowe Centrum Edukacji Żywnościowej. Piramida zdrowego żywienia i stylu życia dzieci i młodzieży. Dostępne online: <https://ncez.pzh.gov.pl/dzieci-i-mlodziez/piramida-zdrowego-zywienia-i-stylu-zycia-dzieci-i-mlodziezy-2/> (dostęp 19 stycznia 2024).
118. Narodowe Centrum Edukacji Żywnościowej. Piramida zdrowego żywienia i aktywności fizycznej dla osób dorosłych. Dostępne online: <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/piramida-zdrowego-zywienia-i-aktywnosci-fizycznej-dla-osob-doroslych/> (dostęp 19 stycznia 2024).
119. Narodowe Centrum Edukacji Żywnościowej. Sprawdź, ile porcji różnych produktów możesz zjeść w ciągu dnia. Dostępne online: <https://ncez.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2021/03/ile-porcji-produktow-mozesz-zjesc-w-ciagu-dnia.pdf> (dostęp 19 stycznia 2024).
120. Austriackie Federalne Ministerstwo Pracy, Polityki Społecznej, Zdrowia, Opieki i Ochrony Konsumentów. Zalecenia żywieniowe: ryby, mięso, wędliny i jaja (w języku niemieckim). Dostępne online: <https://www.gesundheit.gv.at/leben/ernaehrung/info/oesterreichische-ernaehrungspyramide/ernaehrungspyramide-fleisch-fisch-eier.html> (dostęp 2 listopada 2023).

121. Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz. Żywnienie dzieci: zdrowe odżywianie i picie (w języku niemieckim). Dostępne online: <https://www.gesundheit.gv.at/leben/eltern/kinderernaehrung/kinderernaehrung.html> (dostęp 2 listopada 2023).
122. Westenhoefer, J. Age and gender dependent profile of food choice. *Forum Nutr* **2005**, *57*, 44–51, doi:10.1159/000083753.
123. Gil, M.; Rudy, M.; Stanisławczyk, R.; Duma-Kocan, P.; Żurek, J. Gender differences in eating habits of Polish young adults aged 20–26. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, 15280, doi:10.3390/ijerph192215280.
124. Wardle, J.; Haase, A.M.; Steptoe, A.; Nillapun, M.; Jonwutiwes, K.; Bellisie, F. Gender differences in food choice: The contribution of health beliefs and dieting. *Ann Behav Med* **2004**, *27*, 107–116, doi:10.1207/s15324796abm2702_5.
125. Duszka, K.; Hechenberger, M.; Dolak, I.; Kobiljak, D.; König, J. Gender, age, hunger, and body mass index as factors influencing portion size estimation and ideal portion sizes. *Front Psychol* **2022**, *13*, 873835, doi:10.3389/fpsyg.2022.873835.
126. Brunstrom, J.M.; Rogers, P.J.; Pothos, E.M.; Calitri, R.; Tapper, K. Estimating everyday portion size using a ‘method of constant stimuli’: In a student sample, portion size is predicted by gender, dietary behaviour, and hunger, but not BMI. *Appetite* **2008**, *51*, 296–301, doi:10.1016/j.appet.2008.03.005.
127. Rolls, B.J.; Fedoroff, I.C.; Guthrie, J.F. Gender differences in eating behavior and body weight regulation. *Health Psychol* **1991**, *10*, 133–142, doi:10.1037//0278-6133.10.2.133.
128. Mendivil, C.O. Fish Consumption: A review of its effects on metabolic and hormonal health. *Nutr Metab Insights* **2021**, *14*, 117863882110223, doi:10.1177/11786388211022378.
129. Auksztola, J.; Miszke, T.; Pokrywka, K.; Raciniewska, M.; Rybicka, K.; Wiktor, M.; Zielińska, H.; Źochowska, A. Egzamin maturalny. *Oświata i wychowanie w roku szkolnym 2018/2019*; Główny Urząd Statystyczny: Gdańsk, Polska, 2019; s.62.
130. Mahmudiono, T.; Nindya, T.S.; Rachmah, Q.; Segalita, C.; Wiradnyani, L.A.A. Nutrition education intervention increases fish consumption among school children in Indonesia: Results from behavioral based randomized control trial. *Int J Environ Res Public Health* **2020**, *17*, 6970, doi:10.3390/ijerph17196970.
131. Krešić, G.; Dujmić, E.; Lončarić, D.; Zrnčić, S.; Liović, N.; Pleadin, J. Fish consumption: Influence of knowledge, product information, and satisfaction with product attributes. *Nutrients* **2022**, *14*, 2691, doi:10.3390/nu14132691/s1.
132. Raimundo, F.V.; Faulhaber, G.A.M.; Menegatti, P.K.; Marques, L.d.S.; Furlanetto, T.W. Effect of high- versus low-fat meal on serum 25-hydroxyvitamin D levels after a single oral dose of vitamin D: A single-blind, parallel, randomized trial. *Int J Endocrinol* **2011**, *2011*, 809069, doi:10.1155/2011/809069.
133. Raimundo, F.V.; Lang, M.A.B.; Scopel, L.; Marcondes, N.A.; Araújo, M.G.A.; Faulhaber, G.A.M.; Furlanetto, T.W. Effect of fat on serum 25-hydroxyvitamin D levels after a single oral dose of vitamin D in young healthy adults: A double-blind randomized placebo-controlled study. *Eur J Nutr* **2015**, *54*, 391–396, doi:10.1007/s00394-014-0718-8.
134. Dawson-Hughes, B.; Harris, S.S.; Lichtenstein, A.H.; Dolnikowski, G.; Palermo, N.J.; Rasmussen, H. Dietary fat increases vitamin D-3 absorption. *J Acad Nutr Diet* **2015**, *115*, 225–230, doi:10.1016/j.jand.2014.09.014.
135. Dawson-Hughes, B.; Harris, S.S.; Palermo, N.J.; Ceglia, L.; Rasmussen, H. Meal conditions affect the absorption of supplemental vitamin D3 but not the plasma 25-hydroxyvitamin D

- response to supplementation. *J Bone Miner Res* **2013**, *28*, 1778–1783, doi:10.1002/jbmr.1896.
136. Reboul, E.; Borel, P. Proteins involved in uptake, intracellular transport and basolateral secretion of fat-soluble vitamins and carotenoids by mammalian enterocytes. *Prog Lipid Res* **2011**, *50*, 388–402, doi:10.1016/j.plipres.2011.07.001.
 137. Tangpricha, V.; Koutkia, P.; Rieke, S.M.; Chen, T.C.; Perez, A.A.; Holick, M.F. Fortification of orange juice with vitamin D: A novel approach for enhancing vitamin D nutritional health. *Am J Clin Nutr* **2003**, *77*, 1478–1483, doi:10.1093/ajcn/77.6.1478.
 138. Wagner, D.; Sidhom, G.; Whiting, S.J.; Rousseau, D.; Vieth, R. The bioavailability of vitamin D from fortified cheeses and supplements is equivalent in adults. *J Nutr* **2008**, *138*, 1365–1371, doi:10.1093/jn/138.7.1365.
 139. Natri, A.M.; Salo, P.; Vikstedt, T.; Palssa, A.; Huttunen, M.; Kärkkäinen, M.U.M.; Salovaara, H.; Piironen, V.; Jakobsen, J.; Lamberg-Allardt, C.J. Bread fortified with cholecalciferol increases the serum 25-hydroxyvitamin D concentration in women as effectively as a cholecalciferol supplement. *J Nutr* **2006**, *136*, 123–127, doi:10.1093/jn/136.1.123.
 140. Borel, P.; Caillaud, D.; Cano, N.J. Vitamin D bioavailability: State of the art. *Crit Rev Food Sci Nutr* **2015**, *55*, 1193–1205, doi:10.1080/10408398.2012.688897.
 141. Outila, T.A.; Mattila, P.H.; Piironen, V.I.; Lamberg-Allardt, C.J. Bioavailability of vitamin D from wild edible mushrooms (*Cantharellus tubaeformis*) as measured with a human bioassay. *Am J Clin Nutr* **1999**, *69*, 95–98, doi:10.1093/ajcn/69.1.95.
 142. Neill, H.R.; Gill, C.I.R.; McDonald, E.J.; McRoberts, W.C.; Loy, R.; Pourshahidi, L.K. Impact of cooking on vitamin D₃ and 25(OH)D₃ content of pork products. *Food Chem* **2022**, *397*, 133839, doi:10.1016/j.foodchem.2022.133839.
 143. Jakobsen, J.; Knuthsen, P. Stability of vitamin D in foodstuffs during cooking. *Food Chem* **2014**, *148*, 170–175, doi:10.1016/j.foodchem.2013.10.043.
 144. Lu, Z.; Chen, T.C.; Zhang, A.; Persons, K.S.; Kohn, N.; Berkowitz, R.; Martinello, S.; Holick, M.F. An evaluation of the vitamin D₃ content in fish: Is the vitamin D content adequate to satisfy the dietary requirement for vitamin D? *J Steroid Biochem Mol Biol* **2007**, *103*, 642–644, doi:10.1016/j.jsbmb.2006.12.010.
 145. Żurek, G.; Przybyło, M.; Witkiewicz, W.; Langner, M. Novel approach for the approximation of vitamin D₃ pharmacokinetics from in vivo absorption studies. *Pharmaceutics* **2023**, *15*, 783, doi:10.3390/pharmaceutics15030783.
 146. Maurya, V.K.; Aggarwal, M. Factors influencing the absorption of vitamin D in GIT: An overview. *J Food Sci Technol* **2017**, *54*, 3753–3765, doi:10.1007/s13197-017-2840-0.
 147. Ramasamy, I. Vitamin D metabolism and guidelines for vitamin D supplementation. *Clin Biochem Rev* **2020**, *41*, 103–126, doi:10.33176/aacb-20-00006.
 148. Lu, S.; Cao, Z.-B. Interplay between vitamin D and adipose tissue: Implications for adipogenesis and adipose tissue function. *Nutrients* **2023**, *15*, 4832, doi:10.3390/nu15224832.
 149. Bikle, D.D. Vitamin D: Production, metabolism and mechanisms of action. *Endotext*; Feingold, K.R., Anawalt, B., Blackman, M.R., Boyce, A., Chrousos, G., Corpas, E., de Herder, W.W., Dhatariya, K., Dungan, K., Hofland, J., et al., Eds.; MDText.com, Inc.: South Dartmouth, MA, USA, 2021. Dostępne online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278935/> (dostęp 7 października 2024).
 150. Anderson, P.H.; May, B.K.; Morris, H.A. Vitamin D metabolism: New concepts and clinical implications. *Clin Biochem Rev* **2003**, *24*, 13.

151. Dominguez, L.J.; Farruggia, M.; Veronese, N.; Barbagallo, M. Vitamin D sources, metabolism, and deficiency: Available compounds and guidelines for its treatment. *Metabolites* **2021**, *11*, 255, doi:10.3390/metabo11040255.
152. Heaney, R.P.; Recker, R.R.; Grote, J.; Horst, R.L.; Armas, L.A.G. Vitamin D₃ is more potent than vitamin D₂ in humans. *J Clin Endocrinol Metab* **2011**, *96*, E447–E452, doi:10.1210/jc.2010-2230.
153. Grant, W.B.; Boucher, B.J.; Bhattoa, H.P.; Lahore, H. Why vitamin D clinical trials should be based on 25-hydroxyvitamin D concentrations. *J Steroid Biochem Mol Biol* **2018**, *177*, 266–269, doi:10.1016/j.jsbmb.2017.08.009.
154. McMullan, J.E.; Yeates, A.J.; Allsopp, P.J.; Mulhern, M.S.; Strain, J.J.; van Wijngaarden, E.; Myers, G.J.; Shroff, E.; Shamlaye, C.F.; McSorley, E.M. Fish consumption and its lipid modifying effects – A review of intervention studies. *Neurotoxicology* **2023**, *99*, 82–96, doi:10.1016/j.neuro.2023.10.003.
155. Rajaram, S.; Haddad, E.H.; Mejia, A.; Sabaté, J. Walnuts and fatty fish influence different serum lipid fractions in normal to mildly hyperlipidemic individuals: A randomized controlled study. *Am J Clin Nutr* **2009**, *89*, 1657S-1663S, doi:10.3945/ajcn.2009.26736s.
156. Raatz, S.K.; Johnson, L.K.; Rosenberger, T.A.; Picklo, M.J. Twice weekly intake of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) positively influences lipoprotein concentration and particle size in overweight men and women. *Nutr Res* **2016**, *36*, 899–906, doi:10.1016/j.nutres.2016.06.011.
157. Swanson, D.; Block, R.; Mousa, S.A. Omega-3 fatty acids EPA and DHA: Health benefits throughout life. *Adv Nutr* **2012**, *3*, 1–7, doi:10.3945/an.111.000893.
158. Lichtenstein, A.H.; Appel, L.J.; Vadiveloo, M.; Hu, F.B.; Kris-Etherton, P.M.; Rebholz, C.M.; Sacks, F.M.; Thorndike, A.N.; van Horn, L.; Wylie-Rosett, J. 2021 Dietary guidance to improve cardiovascular health: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* **2021**, *144*, doi:10.1161/cir.0000000000001031.
159. Mori, T.A.; Burke, V.; Puddey, I.B.; Watts, G.F.; O’Neal, D.N.; Best, J.D.; Beilin, L.J. Purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids have differential effects on serum lipids and lipoproteins, LDL particle size, glucose, and insulin in mildly hyperlipidemic men. *Am J Clin Nutr* **2000**, *71*, 1085–1094. doi:10.1093/ajcn/71.5.1085.
160. Gill, J.M.R.; Brown, J.C.; Caslake, M.J.; Wright, D.M.; Cooney, J.; Bedford, D.; Hughes, D.A.; Stanley, J.C.; Packard, C.J. Effects of dietary monounsaturated fatty acids on lipoprotein concentrations, compositions, and subfraction distributions and on VLDL apolipoprotein B kinetics: Dose-dependent effects on LDL. *Am J Clin Nutr* **2003**, *78*, 47–56. doi:10.1093/ajcn/78.1.47.
161. Salar, A.; Faghieh, S.; Pishdad, G.R. Rice bran oil and canola oil improve blood lipids compared to sunflower oil in women with type 2 diabetes: A randomized, single-blind, controlled trial. *J Clin Lipidol* **2016**, *10*, 299–305, doi:10.1016/j.jacl.2015.11.016.
162. Cao, X.; Xia, J.; Zhou, Y.; Wang, Y.; Xia, H.; Wang, S.; Liao, W.; Sun, G. The effect of MUFA-rich food on lipid profile: A meta-analysis of randomized and controlled-feeding trials. *Foods* **2022**, *11*, 1982, doi:10.3390/foods11131982.
163. USDA. Food Data Central – Food Search: Fish, salmon, smoked. Dostępne online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2341707/nutrients> (dostęp 24 października 2024).
164. USDA. Food Data Central – Food Search: Fish, salmon, Atlantic, farmed, raw. Dostępne online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2341707/nutrients> (dostęp 24 października 2024).

165. Bienkiewicz, G.; Tokarczyk, G.; Biernacka, P. Influence of storage time and method of smoking on the content of EPA and DHA acids and lipid quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) meat. *Int J Food Sci* **2022**, *2022*, 1–9, doi:10.1155/2022/1218347.
166. Sofi, F.; Giorgi, G.; Cesari, F.; Gori, A.M.; Mannini, L.; Parisi, G.; Casini, A.; Abbate, R.; Gensini, G.F.; Poli, B.M. The atherosclerotic risk profile is affected differently by fish flesh with a similar EPA and DHA content but different n-6/n-3 ratio. *Asia Pac J Clin Nutr* **2013**, *22*, 32–40, doi:10.6133/apjcn.2013.22.1.12.
167. Zhang, Y.; Sun, Y.; Yu, Q.; Song, S.; Brenna, J.T.; Shen, Y.; Ye, K. Higher ratio of plasma omega-6/omega-3 fatty acids is associated with greater risk of all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A population-based cohort study in UK biobank. *Elife* **2024**, *12*, doi:10.7554/elife.90132.
168. Zhao, H.; Wang, M.; Peng, X.; Zhong, L.; Liu, X.; Shi, Y.; Li, Y.; Chen, Y.; Tang, S. Fish consumption in multiple health outcomes: An umbrella review of meta-analyses of observational and clinical studies. *Ann Transl Med* **2023**, *11*, 152–152, doi:10.21037/atm-22-6515.
169. Lehmann, U.; Gjessing, H.R.; Hirche, F.; Mueller-Belecke, A.; Gudbrandsen, O.A.; Ueland, P.M.; Mellgren, G.; Lauritzen, L.; Lindqvist, H.; Hansen, A.L.; et al. Efficacy of fish intake on vitamin D status: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* **2015**, *102*, 837–847, doi:10.3945/ajcn.114.105395.
170. Clifford, J.; Kozil, A. Fat-Soluble Vitamins: A, D, E, and K. Colorado State University fact sheet no 9.315. Dostępne online: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/nutrition-food-safety-health/fat-soluble-vitamins-a-d-e-and-k-9-315/> (dostępne 24 września 2024).
171. Ruidavets, J.B.; Ducimetière, P.; Evans, A.; Montaye, M.; Haas, B.; Bingham, A.; Yarnell, J.; Amouyel, P.; Arveiler, D.; Kee, F.; Bongard, V.; Ferrières, J. Patterns of alcohol consumption and ischaemic heart disease in culturally divergent countries: The Prospective Epidemiological Study of Myocardial Infarction (PRIME). *BMJ* **2010**, *341*, c6077, doi:10.1136/bmj.c6077.
172. Kovář, J.; Zemánková, K. Moderate alcohol consumption and triglyceridemia. *Physiol Res* **2015**, *64*, S371–S375, doi:10.33549/physiolres.933178.
173. Mika, A.; Macaluso, F.; Barone, R.; Di Felice, V.; Sledzinski, T. Effect of exercise on fatty acid metabolism and adipokine secretion in adipose tissue. *Front Physiol* **2019**, *10*, 431145, doi:10.3389/fphys.2019.00026/bibtex.

2. Kopie publikacji składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów

Article

Analysis of Fish-Consumption Benefits and Safety Knowledge in a Population-Based Sample of Polish Adolescents

Zofia Utri-Khodadady  and Dominika Głabska * 

Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), 159C Nowoursynowska Street, 02-776 Warsaw, Poland; zofia_utri@sggw.edu.pl

* Correspondence: dominika_glabska@sggw.edu.pl; Tel.: +48-22-593-71-26

Abstract: Inadequate fish consumption is common and may result from multiple reasons, especially in adolescents who are a population at particular risk of the negative consequences of not consuming the recommended amounts of fish. The aim of the study was to analyze the knowledge about fish-consumption benefits and safety in a population-based sample of Polish adolescents. The stratified random sampling was conducted within two stages: sampling of counties from all voivodeships in Poland (being the basic administrative units of Poland) and inviting secondary schools from the drawn counties to obtain a sample representative of all regions of Poland. The Computer-Assisted Web Interview (CAWI) method was applied to gather the data within the study, and a questionnaire concerning knowledge about fish-consumption benefits and safety with 20 true–false statements was applied. Among 1289 participants, the statement with the highest share of correct answers concerned fish being a source of protein (78.9%) and fish-derived fats being health promoting (77.0%). The statement receiving the least correct answers concerned the type of fatty acids found in fish (7.6%) and the risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (20.5%). Participants who were female, older than 18, underweight, living in an urban environment, from a region far away from the sea and from comprehensive schools provided a higher share of correct answers than other subgroups ($p < 0.05$). Knowledge concerning fish-consumption benefits and safety among Polish adolescents is in many cases inadequate; thus, nutritional education is needed, especially among younger adolescents, those attending vocational schools, males and those living in a rural environment.



Citation: Utri-Khodadady, Z.; Głabska, D. Analysis of Fish-Consumption Benefits and Safety Knowledge in a Population-Based Sample of Polish Adolescents. *Nutrients* **2023**, *15*, 4902. <https://doi.org/10.3390/nu15234902>

Academic Editor: Harvey J. Murff

Received: 9 October 2023

Revised: 14 November 2023

Accepted: 21 November 2023

Published: 23 November 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: fish; fish consumption; nutrition; nutritional knowledge; benefits; risks; safety; food safety; adolescents; teenagers; children; youth

1. Introduction

Fish is an important food group in the human diet, being one of the best sources of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs), such as the eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) which are rarely provided from other food products [1]. The EPA and DHA fatty acids are considered essential in the human diet as they cannot be produced by the human body to meet the physiological requirements [2]. What is more, fish play an important role in providing nutrients essential for the endocrine system such as iodine, selenium and vitamin D [3]. Meta-analyses show that a higher fish intake decreases the risk of myocardial infarction [4], stroke [5], metabolic syndrome [6], dementia [7], and depression [8], as well as that it reduces all-cause mortality [9]. Moreover, a recent study indicated pescatarians to have the lowest DNA damage compared to omnivores and vegetarians, suggesting that it might be some compounds found in fish that protect DNA molecules from damage [10]. Taking this into account, predictive model analyses suggest that the implementation of food strategies based on fish could play a vital role in providing global food and nutrition security [11].

Due to their beneficial nutritional value, fish are indicated in many national and international dietary recommendations. During the 2nd International Conference on

Nutrition organized by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in 2014, fish was recognized as having a special role in nutrition and health [12]. The World Health Organization (WHO) [13], as well as the European Society of Cardiology (ESC) recommend to consume fish at least one to two times per week [14], while the American Health Association (AHA) recommends consuming fish at least two times per week [15]. In Europe, fish intake recommendations range from 100 to 482 g weekly and usually correspond to one to two portions of fish in a week [16], similar to the Polish recommendation of at least two portions of fish weekly [17]. Some countries, such as Spain, recommend consuming even more fish—at least two to four portions per week [18]. Also, the Mediterranean diet, which is confirmed to be protective against the major chronic degenerative diseases [19], consists of at least two portions of fish or seafood per week [20]. Therefore, food-based dietary guidelines emphasize the role of fish as an important element of a healthy diet, not to be replaced with other protein sources [21].

Despite the described recommendations and numerous health benefits of consuming fish, a decreasing trend in its consumption has been observed in the European Union (EU) since 2018 [22]. The average apparent consumption in all 27 EU countries in 2020 amounted to 23.28 kg per capita yearly, which corresponds to 448 g per capita weekly. However, fish intake varies greatly from country to country, while in Portugal in 2020 it was 57.67 kg/capita/year corresponding to 1.11 kg/week, in Poland it was more than four times less, at 13.33 kg/capita/year, which corresponds to 256 g/week [22]. The fact that fish intake varies greatly depending on the country is associated with a very diverse consumption of omega-3 fatty acids of seafood origin, including fish, among countries. Studies show that only 18.9% of the global population achieves the recommended intake of omega-3 from fish of at least 250 mg per day [23].

Not only does fish consumption differ between countries, but also individual differences are observed. The 2005–2010 National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) revealed that the lowest fish consumption was observed among younger individuals, as well as individuals of lower income and education level [24]. It corresponds with the results of Polish studies indicating that in a group of adolescents 14.1% of them declared consuming fish less than once per week, and 26.2% of them declared that they did not consume fish at all [25]. In a group of female adolescents, 49.1% of them reported consuming fish not more than once per month [26]. Moreover, adolescents are indicated within especially vulnerable populations at particular risk of the negative consequences of inadequate fish consumption [27]. Just like for other food choices, the reasons for not adhering to the nutritional recommendations concerning fish consumption are numerous: its high price, lack of knowledge on preparation techniques, no national cultural traditions of consuming fish [28], as well as not favoring them as a food product [29]. The lack of preference for fish is indicated to result from fish bones and fish smell, but also from not being accustomed to consuming fish due to other food habits developed during childhood [30]. What should be noted is that consuming fish is sometimes perceived by some consumers as unsafe and posing a risk to the human health [31,32]. At the same time, some studies indicate that this belief is more prominent among young respondents compared with older age groups [31], which may limit the fish consumption in this population group.

In order to increase fish intake national educational campaigns concerning the benefits of fish intake were introduced in Poland in the years 2008–2009 by the Ministry of Agriculture and Rural Development, and were entitled ‘Fish affects everything’. According to the governmental data, an increase in fish intake was observed afterwards; the annual mean of fish intake in the year 2007 was 12.91 kg/capita/year, while in the year 2008 it was 13.67 kg/capita/year, and in 2009 it was 13.94 kg/capita/year [33]. However, not much is known about what Poles, including adolescents, know about specific fish-intake benefits. What is known is that, according to a European repeated consumer survey compared to 2004, in 2008 adult Poles showed a more-positive attitude towards fish, as well as increased knowledge regarding fish [34]. It was suggested that this could have resulted from national policy efforts, confirming that educational campaigns can also influence people’s attitude

towards fish. Importantly, the belief that consuming fish is healthy seems to be correlated with the frequency of eating fish [35].

Taking into account the serious problem of inadequate fish consumption, in their recommendations the joint FAO and WHO consultation indicated that it is necessary to emphasize the benefits of fish consumption, as well as to develop and evaluate communication strategies that both minimize risks and maximize benefits resulting from fish consumption [13]. Based on the described current state of knowledge and the lack of comprehensive studies assessing the problem in the Polish population, the aim of the study was to analyze the knowledge about fish-consumption benefits and safety in a population-based sample of Polish adolescents.

2. Materials and Methods

2.1. Ethical Statement

The study was carried out at the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW). The study was conducted according to the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki, while participants and their parents/legal guardians provided their informed consent for participation in the study. All procedures involving human subjects received the approval of the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (2/2021; approval date: 20 January 2021), and the study was conducted from May to July 2021.

2.2. Studied Group

The study was conducted using a population-based sample of Polish secondary school students, which was gathered within a stratified sampling of secondary school students from counties based on the online National Register of schools and educational establishments of the Polish Ministry of Education and Science [36]. The following types of secondary schools were taken into account: comprehensive high schools, specialized high schools, vocational schools, technical schools and visual arts high schools. The net enrollment rate for those five types of secondary schools is 90.83% [37], so the sampling within schools was stated to allow the opportunity to gather a national population-based sample.

In order to obtain a national sample of adolescents in this age group which would be as representative as possible, stratified random sampling was conducted within two stages: (1) random sampling of counties from all voivodeships in Poland (being basic administrative units of Poland), and (2) inviting secondary schools from all counties sampled within the previous stage. Within the applied recruitment procedure (1) from each voivodeship (16 voivodeships in Poland), 30% of counties were sampled (115 counties sampled in total), and (2) from each county, all secondary schools were sampled (1357 secondary schools sampled in total).

Headteachers from each selected school received an email invitation for the school to take part in the study, as well as information about the aim and the scope of the study. Finally, 32 secondary schools participated, as headteachers expressed their willingness for the school to participate and gathered informed consent of students and their parents/legal guardians. Participation in the study was voluntary. Students willing to take part were sent an electronic link to the questionnaire prepared in Google Forms, while using the Computer-Assisted Web Interview (CAWI) method to gather the data within the study. They were also sent guidelines on how to carry it out, e.g., that the parents/legal guardians, as well as teachers should not help the students fill in the questionnaire, or that it is possible to fill it in on a mobile phone, but it is more comfortable to do it with the use of a computer. The dedicated questionnaire was anonymous and did not collect any data that would allow the identification of the respondents; however, it allowed for the verification of the inclusion/exclusion criteria.

The inclusion criteria were as follows:

- Adolescents aged 14–22 years;

- Attending one of the five given types of secondary school in Poland: comprehensive high school, specialized high school, vocational, technical or visual arts high school;
- Attending a secondary school sampled within the study;
- Informed consent to participate (verified by the headteacher);
- Informed consent of parent/legal guardian for participation (verified by the headteacher).

The exclusion criteria were as follows:

- Any missing data within the questionnaire once completed;
- Any unreliable answers within the questionnaire once completed.

The respondents comprised pupils from all seven Polish macroregions (NUTS 1 units in the statistical division of Poland from the year 2021 [38]). The total sample of secondary school students gathered within the study was 1289, and the sampling procedure is presented in Figure 1.

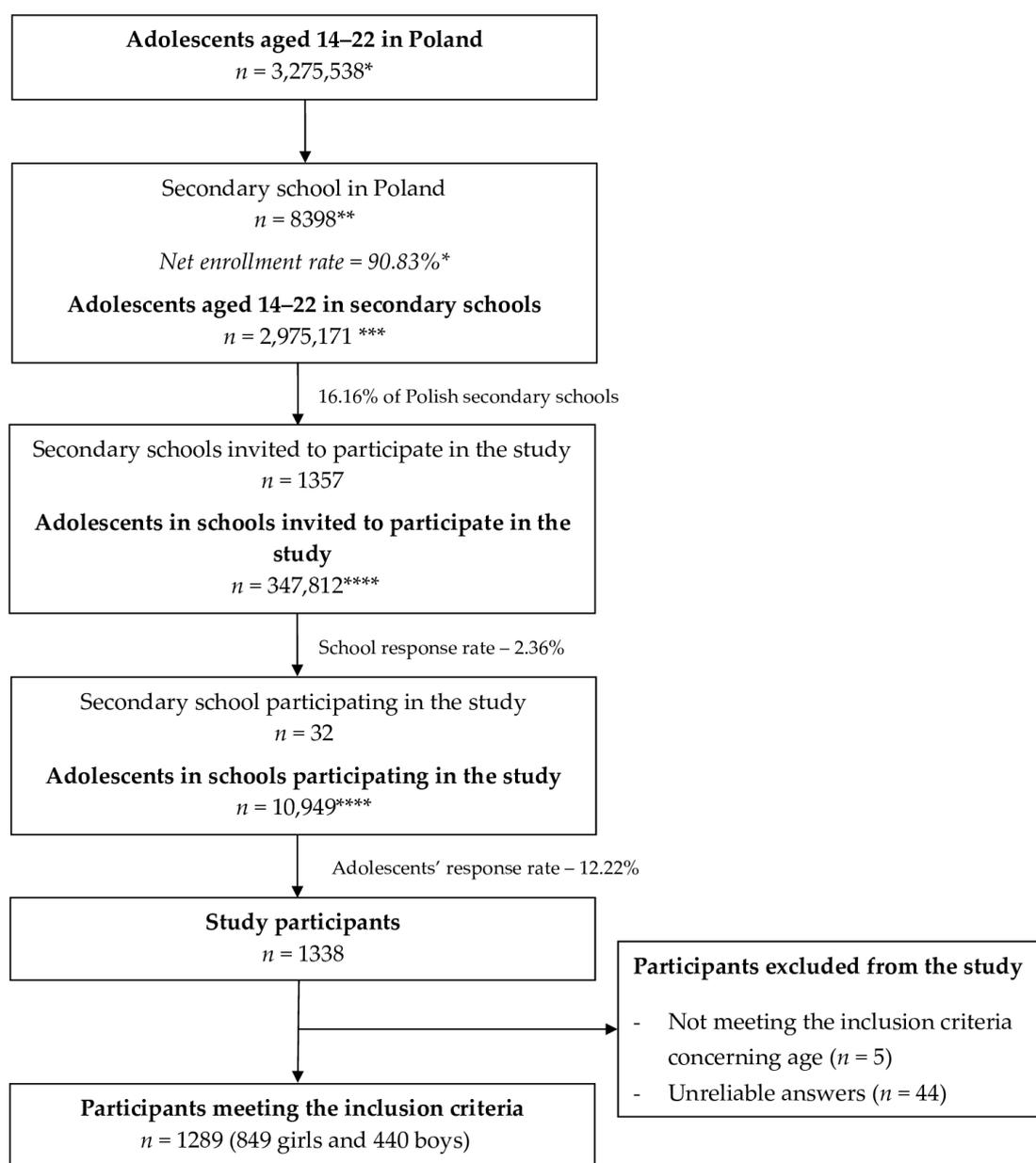


Figure 1. Detailed sampling procedure and recruitment of the studied group. * based on Statistics Poland data for the year 2021 [39]; ** based on the National Register of schools and educational

establishments of the Polish Ministry of Education and Science for the year 2021 [36]; *** calculated based on Statistics Poland data for the year 2021 [39]; and **** calculated based on the National Register of schools and educational establishments for the year 2021 of the Ministry of Education and Science [36].

2.3. Applied Questionnaire and Data Collection

The questionnaire concerned knowledge about fish and included 20 statements—both correct and incorrect ones to be assessed as true/false. The questionnaire comprised statements from a study by Burger and Gochfeld [40], examining knowledge on fish-consumption benefits and safety risks, as well as additional statements included after transcultural adaptation of the questionnaire. Due to the fact that the questionnaire by Burger and Gochfeld [40] was previously not applied to the Polish population and was previously not translated into Polish, the Polish version was to be developed. The questions were translated from English, according to the recommendations of the WHO [41], while transcultural adaptation was applied, if necessary. The process was applied in three stages: (1) forward translation into Polish (by a native Polish-speaking and English-fluent researcher familiar with the discipline and aim of the study); (2) backward translation into English (by other native Polish-speaking and English-fluent researcher, but who was not familiar with the aim of the study); and (3) expert-panel polishing of the questionnaire to keep the equivalence of the original questionnaire in the conceptual, semantic, idiomatic and cultural area (by a panel of native-Polish-speaking and English-fluent researchers familiar with the discipline and aim of the study).

The final questionnaire, in its Polish version developed within the study, includes 12 true statements and 8 false statements, as presented in Table 1. It covers the following issues: the content of nutrients in fish (statements 1–5, 9, 11, 19), their influence on human health (statements 6–8, 10), the health risks associated with consuming fish (statements 12, 13, 16, 18, 20), and the nutritional recommendations concerning fish (statements 14, 15, 17). They were intentionally placed in a disorganized order, with not all statements from one field in a row, to reduce the question order bias. Similarly, intentionally, the statements were formulated in a way to include a similar amount of correct and false statements to reduce the confirmation bias. Taking this into account, nine true statements from the questionnaire by Burger and Gochfeld [40] (statements 1, 5, 6, 8, 12, 13, 16, 18, 20) were taken without any changes, two true statements from the questionnaire by Burger and Gochfeld [40] were reversed and adopted to be used as false statements (statement 4, 7), and one was specified (statement 3). One complex statement with several parts was divided into two separate ones—a true statement (10) and a false statement (statement 11). Additional statements were developed in order to access knowledge on issues other than those in the questionnaire by Burger and Gochfeld [40]—one of them was formulated as true (statement 15), and the other five were formulated as false (statements 2, 9, 14, 17, 19).

Participants were asked whether in their opinion the given statements are true or false. They had the possibility to choose the ‘I don’t know’ answer as well.

Furthermore, questions concerning gender (close-ended question), exact age (open-ended question), height (open-ended question), weight (open-ended question), secondary school (open-ended question), place of residence (open-ended question) and fish consumption were included in the questionnaire.

Prior to the main research, a pilot study among 28 students from two secondary schools was conducted in order to ensure that all questions are comprehensible and that there are no technical problems. These students were from schools which were not sampled for the main research. The pilot study confirmed that the developed questionnaire is understandable and no other problems existed, so the questionnaire was not changed after the pilot study.

Table 1. Statements concerning knowledge about fish used in the present questionnaire and the correct answers.

No.	Statement	Correct Answer
1	Fish are a good source of protein.	True
2	Fish contain a lot of fiber.	False
3	Fish are a good source of vitamin D.	True
4	Fish contain a lot of unhealthy fats.	False
5	Fish have good fat.	True
6	Eating fish is good for the heart.	True
7	Eating fish is not good for the brain.	False
8	Eating fish is good for you.	True
9	Fish contain a lot of healthy 'trans' fats.	False
10	Eating fish lowers cholesterol.	True
11	Fish are a good source of vitamin C.	False
12	Eating fish may cause allergies.	True
13	Fish may contain bacteria or parasites.	True
14	Children and adolescents should not eat fish.	False
15	Eating fish is recommended for pregnant women.	True
16	Fish may contain contaminants.	True
17	Fish should be eaten once a week at the most.	False
18	Fish may contain polychlorinated biphenyls (PCBs).	True
19	Cod is a fatty fish.	False
20	Fish may contain mercury.	True

2.4. Statistical Analysis

For data analysis, the collected answers were grouped into 'correct' and 'incorrect' which comprised the 'incorrect' as well as the 'I don't know' answer.

The normality of the distribution of the obtained data was verified using the Shapiro–Wilk test, and the groups were compared using the chi2 test (comparison of the share of respondents in sub-groups). The accepted level of significance was $p \leq 0.05$. The statistical analysis was conducted using Statgraphics Plus for Windows 5.1 (Statgraphics Technologies Inc., The Plains, VA, USA).

For sub-groups analysis, all participants were divided into the following sub-groups depending on the following:

- Gender: Female and male.
- Age: Minors (less than 18 years of age) and adults (18 years of age or more).
- Body mass: Underweight, proper body mass and excessive body mass; it was defined based on the Body Mass Index (BMI), while for adults the standard cut-offs by the WHO were applied (18.5–25 kg/m² as proper body mass) [42]. For minors, the Polish growth-reference cut-offs were applied [43] (5th–85th percentile as proper body mass) [44].
- Place of residence: Rural environment (village as a place of residence) and urban environment (city as place of residence).
- Location of the region of residence in relation to the Baltic Sea (being the only sea in Poland, as fish availability is commonly related to the seaside proximity [45]): regions situated by the sea (north and north-west macroregions of Poland) and away from the sea (central, Masovian, south-west, south and east macroregions of Poland)—it was defined based on the macroregion categories assumed by the Central Statistical Office in Poland [46].
- Type of school: Comprehensive school (comprehensive high schools and specialized high schools) and vocational school (vocational schools, technical schools and visual arts high schools).

3. Results

The characteristics of the studied group are presented in Table 2. Proper body mass was observed in 69.7% of all participants of the study, in 70.0% of the females and 69.3% of the males. Being underweight was seen in 7.0% of all participants, in 8.8% of the females and in 3.4% of the males, while excessive body mass was present in 23.3% of all participants, in 21.2% of the females and 27.3% of the males (assessed based on BMI with standard cut-offs by the WHO for adults [42] and Polish growth-reference cut-offs for minors [43]).

Table 2. Characteristics of the studied group.

Variable	All		Females		Males	
	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)
Age, years	16.7 ± 1.2	17 (14–22)	16.8 ± 1.2	17 (14–22)	16.5 ± 1.3	16 (14–21)
Height, cm	170.3 ± 8.9	170.0 (150.0–200.0)	166.0 ± 6.2	166.0 (150.0–185.0)	178.7 ± 7.3	179.0 (150.0–200.0)
Weight, kg	63.7 ± 13.8	60.0 (35.0–120.0)	59.1 ± 10.9	57.0 (35.0–115.0)	72.6 ± 14.5	70.0 (40.0–120.0)

The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns is presented in Table 3. The statement with the highest share of correct answers was the one concerning fish being a source of protein (78.9%), followed by fish-derived fats being health promoting (77.0%), and the recommendation for fish to be consumed by children and adolescents (74.9%). The statement obtaining the least correct answers was the reverse and ‘dummy’ statement concerning the type of fatty acids found in fish (7.6%), followed by the statement about the risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (20.5%), and another reverse and ‘dummy’ statement regarding the fact that some fish have more fat than others (22.3%).

Table 3. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents (n = 1289)	
		Correct	Incorrect
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	1017 (78.9%)	272 (21.1%)
	Not a source of fiber (statement 2)	386 (29.9%)	903 (70.1%)
	Some fish have more fat than others (statement 19)	287 (22.3%)	1002 (77.7%)
	Not a source of ‘trans’ fatty acids (statement 9)	98 (7.6%)	1191 (92.4%)
	Source of vitamin D (statement 3)	714 (55.4%)	575 (44.6%)
General health influence of fish consumption	Not a source of vitamin C (statement 11)	383 (29.7%)	906 (70.3%)
	Good for health (statement 8)	917 (71.1%)	372 (28.9%)
	Good for the heart (statement 6)	829 (64.3%)	460 (35.7%)
	Good for the brain (statement 7)	845 (65.6%)	444 (34.4%)
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	966 (74.9%)	323 (25.1%)
Health influence of fish-derived fats	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	463 (35.9%)	826 (64.1%)
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	430 (33.4%)	859 (66.6%)
	Health-promoting fatty acids (statement 5)	992 (77.0%)	297 (23.0%)
Safety concerns	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	856 (66.4%)	433 (33.6%)
	Risk of allergies (statement 12)	336 (26.1%)	953 (73.9%)
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	532 (41.3%)	757 (58.7%)
Safety concerns	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	632 (49.0%)	657 (51.0%)
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	776 (60.2%)	513 (39.8%)
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	264 (20.5%)	1025 (79.5%)
	Risk of mercury in fish (statement 20)	412 (32.0%)	877 (68.0%)

The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by gender is presented in Table 4. Compared to males, female adolescents provided a higher share of correct answers to the statements about fish being a source of protein (81.3% vs. 74.3%; $p = 0.0047$), fish being good for health (73.9% vs. 65.9%; $p = 0.0035$), for the heart (66.3% vs. 60.5%; $p = 0.0433$), as well as about the recommendations for adolescents (79.3% vs. 66.6%; $p < 0.0001$) and for pregnant women to consume fish (39.5% vs. 29.1%; $p = 0.0003$). Male participants provided a higher share of correct answers to the statement concerning the risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (24.8% vs. 18.3%; $p = 0.0075$).

Table 4. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by gender.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents ($n = 1289$)				P
		Female ($n = 849$)		Male ($n = 440$)		
		Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	690 (81.3%)	159 (18.7%)	327 (74.3%)	113 (25.7%)	0.0047
	Not a source of fiber (statement 2)	256 (30.2%)	593 (69.8%)	130 (29.5%)	310 (70.5%)	0.8715
	Some fish have more fat than others (statement 19)	196 (23.1%)	653 (76.9%)	91 (20.7%)	349 (79.3%)	0.3611
	Not a source of ‘trans’ fatty acids (statement 9)	69 (8.1%)	780 (91.9%)	29 (6.6%)	411 (93.4%)	0.3811
	Source of vitamin D (statement 3)	471 (55.5%)	378 (44.5%)	243 (55.2%)	197 (44.8%)	0.9789
	Not a source of vitamin C (statement 11)	265 (31.2%)	584 (68.8%)	118 (26.8%)	322 (73.2%)	0.1157
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	627 (73.9%)	222 (26.1%)	290 (65.9%)	150 (34.1%)	0.0035
	Good for the heart (statement 6)	563 (66.3%)	286 (33.7%)	266 (60.5%)	174 (39.5%)	0.0433
	Good for the brain (statement 7)	562 (66.2%)	287 (33.8%)	283 (64.3%)	157 (35.7%)	0.5414
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	673 (79.3%)	176 (20.7%)	293 (66.6%)	147 (33.4%)	<0.0001
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	335 (39.5%)	514 (60.5%)	128 (29.1%)	312 (70.9%)	0.0003
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	273 (32.2%)	576 (67.8%)	157 (35.7%)	283 (64.3%)	0.2259
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)	667 (78.6%)	182 (21.4%)	325 (73.9%)	115 (26.1%)	0.0672
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	571 (67.3%)	278 (32.7%)	285 (64.8%)	155 (35.2%)	0.4050
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	351 (41.3%)	498 (58.7%)	181 (41.1%)	259 (58.9%)	0.9907
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)	230 (27.1%)	619 (72.9%)	106 (24.1%)	334 (75.9%)	0.2729
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	427 (50.3%)	422 (49.7%)	205 (46.6%)	235 (53.4%)	0.2292
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	513 (60.4%)	336 (39.6%)	263 (59.8%)	177 (40.2%)	0.8678
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	155 (18.3%)	694 (81.7%)	109 (24.8%)	331 (75.2%)	0.0075
	Risk of mercury in fish (statement 20)	286 (33.7%)	563 (66.3%)	126 (28.6%)	314 (71.4%)	0.0750

The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by age is presented in Table 5. Adult participants provided a higher share of correct answers compared to minor participants concerning the statements about fish being a source of protein (84.5% vs. 77.2%; $p = 0.0088$), some fish having more fat than others (26.6% vs. 21.0%; $p = 0.0492$), fish consumption being

good for health (78.8% vs. 68.9%; $p = 0.0012$), for the heart (70.7% vs. 62.4%; $p = 0.0107$), and for the brain (70.7% vs. 64.0%; $p = 0.0394$), as well as the recommendation to consume fish at least twice a week (40.1% vs. 31.4%; $p = 0.0064$).

Table 5. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by age.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents ($n = 1289$)				p
		Minors ($n = 992$)		Adults ($n = 297$)		
		Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	766 (77.2%)	226 (22.8%)	251 (84.5%)	46 (15.5%)	0.0088
	Not a source of fiber (statement 2)	289 (29.1%)	703 (70.9%)	97 (32.7%)	200 (67.3%)	0.2749
	Some fish have more fat than others (statement 19)	208 (21.0%)	784 (79.0%)	79 (26.6%)	218 (73.4%)	0.0492
	Not a source of 'trans' fatty acids (statement 9)	70 (7.1%)	922 (92.9%)	28 (9.4%)	269 (90.6%)	0.2195
	Source of vitamin D (statement 3)	537 (54.1%)	455 (45.9%)	177 (59.6%)	120 (40.4%)	0.1107
	Not a source of vitamin C (statement 11)	283 (28.5%)	709 (71.5%)	100 (33.7%)	197 (66.3%)	0.1034
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	683 (68.9%)	309 (31.1%)	234 (78.8%)	63 (21.2%)	0.0012
	Good for the heart (statement 6)	619 (62.4%)	373 (37.6%)	210 (70.7%)	87 (29.3%)	0.0107
	Good for the brain (statement 7)	635 (64.0%)	357 (36.0%)	210 (70.7%)	87 (29.3%)	0.0394
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	733 (73.9%)	259 (26.1%)	233 (78.5%)	64 (21.5%)	0.1299
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	345 (34.8%)	647 (65.2%)	118 (39.7%)	179 (60.3%)	0.1358
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	311 (31.4%)	681 (68.6%)	119 (40.1%)	178 (59.9%)	0.0064
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)	753 (75.9%)	239 (24.1%)	239 (80.5%)	58 (19.5%)	0.1187
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	647 (65.2%)	345 (34.8%)	209 (70.4%)	88 (29.6%)	0.1146
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	396 (39.9%)	596 (60.1%)	136 (45.8%)	161 (54.2%)	0.0826
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)	270 (27.2%)	722 (72.8%)	66 (22.2%)	231 (77.8%)	0.1000
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	491 (49.5%)	501 (50.5%)	141 (47.5%)	156 (52.5%)	0.5857
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	587 (59.2%)	405 (40.8%)	189 (63.6%)	108 (36.4%)	0.1899
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	195 (19.7%)	797 (80.3%)	69 (23.2%)	228 (76.8%)	0.2086
	Risk of mercury in fish (statement 20)	316 (31.9%)	676 (68.1%)	96 (32.3%)	201 (67.7%)	0.9355

Table 6 presents the number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by the body mass of the studied adolescents. Compared to the other two sub-groups, underweight participants provided a higher share of correct answers to the statements about some fish having more fat than others (27.8% vs. 23.4%—proper body mass and 17.3%—excessive body mass; $p = 0.0404$) and fish not being a source of vitamin C (35.6% vs. 31.8%—proper body mass and 21.7%—excessive body mass; $p = 0.0018$).

Table 6. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by the body mass of the studied adolescents.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents (n = 1289)						p
		Underweight (n = 90)		Proper Body Mass (n = 899)		Excessive Body Mass (n = 300)		
		Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	77 (85.6%)	13 (14.4%)	695 (77.3%)	204 (22.7%)	245 (81.7%)	55 (18.3%)	0.0765
	Not a source of fiber (statement 2)	30 (33.3%)	60 (66.7%)	278 (30.9%)	621 (69.1%)	78 (26.0%)	222 (74.0%)	0.2093
	Some fish have more fat than others (statement 19)	25 (27.8%)	65 (72.2%)	210 (23.4%)	689 (76.6%)	52 (17.3%)	248 (82.7%)	0.0404
	Not a source of 'trans' fatty acids (statement 9)	8 (8.9%)	82 (91.1%)	75 (8.3%)	824 (91.7%)	15 (5.0%)	285 (95.0%)	0.1492
	Source of vitamin D (statement 3)	51 (56.7%)	39 (43.3%)	492 (54.7%)	407 (45.3%)	171 (57.0%)	129 (43.0%)	0.7658
	Not a source of vitamin C (statement 11)	32 (35.6%)	58 (64.4%)	286 (31.8%)	613 (68.2%)	65 (21.7%)	235 (78.3%)	0.0018
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	63 (70.0%)	27 (30.0%)	644 (71.6%)	255 (28.4%)	210 (70.0%)	90 (30.0%)	0.8377
	Good for the heart (statement 6)	58 (64.4%)	32 (35.6%)	588 (65.4%)	311 (34.6%)	183 (61.0%)	117 (39.0%)	0.3861
	Good for the brain (statement 7)	54 (60.0%)	36 (40.0%)	606 (67.4%)	293 (32.6%)	185 (61.7%)	115 (38.3%)	0.1000
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	68 (75.6%)	22 (24.4%)	682 (75.9%)	217 (24.1%)	216 (72.0%)	84 (28.0%)	0.4053
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	31 (34.4%)	59 (65.6%)	318 (35.4%)	581 (64.6%)	114 (38.0%)	186 (62.0%)	0.6818
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	25 (27.8%)	65 (72.2%)	313 (34.8%)	586 (65.2%)	92 (30.7%)	208 (69.3%)	0.2124
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)	66 (73.3%)	24 (26.7%)	701 (78.0%)	198 (22.0%)	225 (75.0%)	75 (25.0%)	0.3984
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	59 (65.6%)	31 (34.4%)	603 (67.1%)	296 (32.9%)	194 (64.7%)	106 (35.3%)	0.7349
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	36 (40.0%)	54 (60.0%)	373 (41.5%)	526 (58.5%)	123 (41.0%)	177 (59.0%)	0.9575
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)	20 (22.2%)	70 (77.8%)	234 (26.0%)	665 (74.0%)	82 (27.3%)	218 (72.7%)	0.6248
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	41 (45.6%)	49 (54.4%)	446 (49.6%)	453 (50.4%)	145 (48.3%)	155 (51.7%)	0.7355
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	49 (54.4%)	41 (45.6%)	558 (62.1%)	341 (37.9%)	169 (56.3%)	131 (43.7%)	0.1093
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	19 (21.1%)	71 (78.9%)	188 (20.9%)	711 (79.1%)	57 (19.0%)	243 (81.0%)	0.7678
	Risk of mercury in fish (statement 20)	29 (32.2%)	61 (67.8%)	293 (32.6%)	606 (67.4%)	90 (30.0%)	210 (70.0%)	0.7055

The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by rural/urban environment is presented in Table 7. Adolescents living in an urban environment provided a higher share of correct answers to the statements about some fish having more fat than others (25.0% vs. 19.8%; $p = 0.0273$), fish consumption being good for the brain (70.0% vs. 61.5%; $p = 0.0016$), fish-derived fatty acids being good for health (70.2% vs. 63.0%; $p = 0.0072$), and about the risk of contaminants in fish (64.8% vs. 56.0%; $p = 0.0016$).

Table 7. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by rural/urban environment.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents (n = 1289)				p
		Rural Environment (n = 678)		Urban Environment (n = 611)		
		Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	540 (79.6%)	138 (20.4%)	477 (78.1%)	134 (21.9%)	0.5322
	Not a source of fiber (statement 2)	196 (28.9%)	482 (71.1%)	190 (31.1%)	421 (68.9%)	0.4263
	Some fish have more fat than others (statement 19)	134 (19.8%)	544 (80.2%)	153 (25.0%)	458 (75.0%)	0.0273
	Not a source of 'trans' fatty acids (statement 9)	49 (7.2%)	629 (92.8%)	49 (8.0%)	562 (92.0%)	0.6667
	Source of vitamin D (statement 3)	367 (54.1%)	311 (45.9%)	347 (56.8%)	264 (43.2%)	0.3660
	Not a source of vitamin C (statement 11)	187 (27.6%)	491 (72.4%)	196 (32.1%)	415 (67.9%)	0.0885
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	472 (69.6%)	206 (30.4%)	445 (72.8%)	166 (27.2%)	0.2261
	Good for the heart (statement 6)	423 (62.4%)	255 (37.6%)	406 (66.4%)	205 (33.6%)	0.1441
	Good for the brain (statement 7)	417 (61.5%)	261 (38.5%)	428 (70.0%)	183 (30.0%)	0.0016
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	495 (73.0%)	183 (27.0%)	471 (77.1%)	140 (22.9%)	0.1047
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	236 (34.8%)	442 (65.2%)	227 (37.2%)	384 (62.8%)	0.4135
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	218 (32.2%)	460 (67.8%)	212 (34.7%)	399 (65.3%)	0.3638
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)	507 (74.8%)	171 (25.2%)	485 (79.4%)	126 (20.6%)	0.0585
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	427 (63.0%)	251 (37.0%)	429 (70.2%)	182 (29.8%)	0.0072
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	276 (40.7%)	402 (59.3%)	256 (41.9%)	355 (58.1%)	0.7063
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)	173 (25.5%)	505 (74.5%)	163 (26.7%)	448 (73.3%)	0.6813
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	321 (47.3%)	357 (52.7%)	311 (50.9%)	300 (49.1%)	0.2228
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	380 (56.0%)	298 (44.0%)	396 (64.8%)	215 (35.2%)	0.0016
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	133 (19.6%)	545 (80.4%)	131 (21.4%)	480 (78.6%)	0.4587
	Risk of mercury in fish (statement 20)	206 (30.4%)	472 (69.6%)	206 (33.7%)	405 (66.3%)	0.2221

Table 8 presents the number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by the location of the region of residence in relation to the Baltic Sea. Participants living in regions situated far away from the sea provided a higher share of correct answers to the statements about fish not being a source of fiber (33.3% vs. 22.1%; $p = 0.0001$), some fish having more fat than others (24.9% vs. 16.1%; $p = 0.0008$), fish not being a source of vitamin C (32.9% vs. 22.1%; $p = 0.0001$), the recommendation for children and adolescents to consume fish (77.6% vs. 68.8%; $p = 0.0011$), and the risk of mercury in fish (35.4% vs. 24.0%; $p = 0.0001$).

Table 8. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by the location of the region of residence in relation to the Baltic Sea.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents (n = 1289)				p
		Region Situated by the Sea (n = 384)		Region Situated Far away from the Sea (n = 905)		
		Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	310 (80.7%)	74 (19.3%)	707 (78.1%)	198 (21.9%)	0.3297
	Not a source of fiber (statement 2)	85 (22.1%)	299 (77.9%)	301 (33.3%)	604 (66.7%)	0.0001
	Some fish have more fat than others (statement 19)	62 (16.1%)	322 (83.9%)	225 (24.9%)	680 (75.1%)	0.0008
	Not a source of 'trans' fatty acids (statement 9)	29 (7.6%)	355 (92.4%)	69 (7.6%)	836 (92.4%)	1.0000
	Source of vitamin D (statement 3)	218 (56.8%)	166 (43.2%)	496 (54.8%)	409 (45.2%)	0.5568
	Not a source of vitamin C (statement 11)	85 (22.1%)	299 (77.9%)	298 (32.9%)	607 (67.1%)	0.0001
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	270 (70.3%)	114 (29.7%)	647 (71.5%)	258 (28.5%)	0.7188
	Good for the heart (statement 6)	247 (64.3%)	137 (35.7%)	582 (64.3%)	323 (35.7%)	1.0000
	Good for the brain (statement 7)	236 (61.5%)	148 (38.5%)	609 (67.3%)	296 (32.7%)	0.0509
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	264 (68.8%)	120 (31.3%)	702 (77.6%)	203 (22.4%)	0.0011
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	141 (36.7%)	243 (63.3%)	322 (35.6%)	583 (64.4%)	0.7443
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	118 (30.7%)	266 (69.3%)	312 (34.5%)	593 (65.5%)	0.2150
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)	287 (74.7%)	97 (25.3%)	705 (77.9%)	200 (22.1%)	0.2460
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	243 (63.3%)	141 (36.7%)	613 (67.7%)	292 (32.3%)	0.1379
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	148 (38.5%)	236 (61.5%)	384 (42.4%)	521 (57.6%)	0.2167
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)	96 (25.0%)	288 (75.0%)	240 (26.5%)	665 (73.5%)	0.6178
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	179 (46.6%)	205 (53.4%)	453 (50.1%)	452 (49.9%)	0.2850
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	224 (58.3%)	160 (41.7%)	552 (61.0%)	353 (39.0%)	0.4063
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	70 (18.2%)	314 (81.8%)	194 (21.4%)	711 (78.6%)	0.2189
	Risk of mercury in fish (statement 20)	92 (24.0%)	292 (76.0%)	320 (35.4%)	585 (64.6%)	0.0001

The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by the type of school the participants of study attended is presented in Table 9. Adolescents attending comprehensive school provided a higher share of correct answers to the statements about fish not being a source of fiber (37.9% vs. 25.7%; $p < 0.0001$), some fish having more fat than others (33.9% vs. 16.1%; $p < 0.0001$), fish not being a source of vitamin C (38.1% vs. 25.2%; $p < 0.0001$), fish consumption being good for the heart (68.4% vs. 62.1%; $p = 0.0305$) and the brain (71.5% vs. 62.4%; $p = 0.0013$), the recommendation for children and adolescents to consume fish (84.6% vs. 69.8%; $p < 0.0001$), the recommendation to consume fish at least twice a week (39.0% vs. 30.4%; $p = 0.0022$), fish containing health-promoting fatty acids (84.0% vs. 73.2%; $p < 0.0001$), fish-derived fatty acids being good for health (75.1% vs. 61.8%; $p < 0.0001$), fish-derived fatty acids lowering blood cholesterol (45.9% vs. 38.8%; $p = 0.0165$), the risk of allergies connected to consuming fish (30.1% vs. 23.9%; $p = 0.0201$), the risk of

bacteria and parasites in fish (57.5% vs. 44.5%; $p < 0.0001$), the risk of contaminants in fish (70.6% vs. 54.6%; $p < 0.0001$), and the risk of mercury in fish (42.5% vs. 26.3%; $p < 0.0001$).

Table 9. The number of correct and incorrect answers provided by the population-based sample of Polish secondary school students within the studied issues of fish-consumption benefits and safety concerns in sub-groups stratified by the type of school.

Studied Knowledge	Studied Statement	Answers Provided by Studied Adolescents ($n = 1289$)				<i>p</i>
		Comprehensive School ($n = 449$)		Vocational School ($n = 840$)		
		Correct	Incorrect	Correct	Incorrect	
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	362 (80.6%)	87 (19.4%)	655 (78.0%)	185 (22.0%)	0.2992
	Not a source of fiber (statement 2)	170 (37.9%)	279 (62.1%)	216 (25.7%)	624 (74.3%)	<0.0001
	Some fish have more fat than others (statement 19)	152 (33.9%)	297 (66.1%)	135 (16.1%)	705 (83.9%)	<0.0001
	Not a source of ‘trans’ fatty acids (statement 9)	34 (7.6%)	415 (92.4%)	64 (7.6%)	776 (92.4%)	1.0000
	Source of vitamin D (statement 3)	265 (59.0%)	184 (41.0%)	449 (53.5%)	391 (46.5%)	0.0633
	Not a source of vitamin C (statement 11)	171 (38.1%)	278 (61.9%)	212 (25.2%)	628 (74.8%)	<0.0001
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	330 (73.5%)	119 (26.5%)	587 (69.9%)	253 (30.1%)	0.1934
	Good for the heart (statement 6)	307 (68.4%)	142 (31.6%)	522 (62.1%)	318 (37.9%)	0.0305
	Good for the brain (statement 7)	321 (71.5%)	128 (28.5%)	524 (62.4%)	316 (37.6%)	0.0013
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	380 (84.6%)	69 (15.4%)	586 (69.8%)	254 (30.2%)	<0.0001
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	164 (36.5%)	285 (63.5%)	299 (35.6%)	541 (64.4%)	0.7866
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)	175 (39.0%)	274 (61.0%)	255 (30.4%)	585 (69.6%)	0.0022
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)	377 (84.0%)	72 (16.0%)	615 (73.2%)	225 (26.8%)	<0.0001
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)	337 (75.1%)	112 (24.9%)	519 (61.8%)	321 (38.2%)	<0.0001
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)	206 (45.9%)	243 (54.1%)	326 (38.8%)	514 (61.2%)	0.0165
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)	135 (30.1%)	314 (69.9%)	201 (23.9%)	639 (76.1%)	0.0201
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)	258 (57.5%)	191 (42.5%)	374 (44.5%)	466 (55.5%)	<0.0001
	Risk of contaminants in fish (statement 16)	317 (70.6%)	132 (29.4%)	459 (54.6%)	381 (45.4%)	<0.0001
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	104 (23.2%)	345 (76.8%)	160 (19.0%)	680 (81.0%)	0.0946
	Risk of mercury in fish (statement 20)	191 (42.5%)	258 (57.5%)	221 (26.3%)	619 (73.7%)	<0.0001

Table 10 presents a graphical summary of fish-knowledge differences between the analyzed sub-groups in relation to the specific statements concerning fish-intake benefits and safety concerns.

Table 10. Graphical summary of fish knowledge differences between the analyzed sub-groups in relation to the specific statements concerning fish-intake benefits and safety concerns.

Studied Knowledge	Studied Statement	Gender	Age	Body Mass	Environment	Region	Type of School
Content of nutrients in fish	Source of protein (statement 1)	Female > Male	Minors < Adults	Underweight > Proper body mass > Excessive body mass	Rural < Urban	By the sea < Far away from	Comprehensive > Vocational school
	Not a source of fiber (statement 2)						
	Some fish have more fat than others (statement 19)	Minors < Adults	By the sea < Far away from			Comprehensive > Vocational school	
	Not a source of 'trans' fatty acids (statement 9)						
	Source of vitamin D (statement 3)						
	Not a source of vitamin C (statement 11)			Underweight > Proper body mass > Excessive body mass		By the sea < Far away from	Comprehensive > Vocational school
General health influence of fish consumption	Good for health (statement 8)	Female > Male	Minors < Adults				
	Good for the heart (statement 6)	Female > Male	Minors < Adults				Comprehensive > Vocational school
	Good for the brain (statement 7)		Minors < Adults		Rural < Urban		Comprehensive > Vocational school
	Recommended to be consumed by children/adolescents (statement 14)	Female > Male				By the sea < Far away from	Comprehensive > Vocational school
	Recommended to be consumed by pregnant women (statement 15)	Female > Male					
	Recommended to be consumed at least twice a week (statement 17)			Minors < Adults			

Table 10. Cont.

Studied Knowledge	Studied Statement	Gender	Age	Body Mass	Environment	Region	Type of School
Health influence of fish-derived fats	Health-promoting fatty acids (statement 5)						Comprehensive > Vocational school
	Fish-derived fatty acids good for health (statement 4)				Rural < Urban		Comprehensive > Vocational school
	Fish-derived fatty acids lower blood cholesterol (statement 10)						Comprehensive > Vocational school
Safety concerns	Risk of allergies (statement 12)						Comprehensive > Vocational school
	Risk of bacteria and parasites in fish (statement 13)						Comprehensive > Vocational school
	Risk of contaminants in fish (statement 16)				Rural < Urban		Comprehensive > Vocational school
	Risk of polychlorinated biphenyls (PCBs) in fish (statement 18)	Female < Male					
	Risk of mercury in fish (statement 20)					By the sea < Far away from	Comprehensive > Vocational school

4. Discussion

4.1. General Knowledge

In the present study, the recommendation for children and adolescents to consume fish was known to almost three-quarters of participants, while the recommendation to consume fish at least twice a week was known only to every third person (33.4%). Similarly, the answer concerning the recommendation for pregnant women to consume fish was known only to every third person and only to about 40% of the female respondents. Taking that into consideration there is a high risk that at the time when these adolescents become pregnant, they might still lack this knowledge and will not adhere to that recommendation. It corresponds with the fact that studies indicate that pregnant women often do not know the benefits of consuming fish, as well as that they frequently do not receive any advice to consume it [47]. On the contrary, they often receive advice from their physicians to limit fish intake [47]. Among pregnant women the awareness of fish-consumption risk associated with mercury is sometimes also more prevalent than of the benefits of omega-3 fatty acids found in fish [48]. Moreover, in Poland, fish intake among pregnant women is observed to be inadequate [49,50].

While not knowing that it is recommended for pregnant women to consume fish is not so surprising as the participants were adolescents, the fact that adolescents are not familiar with the basic general recommendation to consume fish at least two times per week is quite alarming. This lack of knowledge might have an implication for adolescents' food choices as low fish and seafood intake in children and adolescents is commonly observed [51,52], and such low intake is more frequent among children and adolescents than in adults [53].

Based on the answers provided to the 'dummy' statement about fish being a source of fiber, it seems that many adolescents do not know that fish are not a source of fiber, as almost three-quarters of participants provided a wrong answer to that statement. However, the acquiescence bias should also be indicated here [54]. Participants might have confirmed because they could have made a wrong assumption that since fiber was good for health and so was fish, fish must be a good source of it. This nescience was also observed among adults—in Belgium 45.5% of the study participants believed that fish contain fiber [31]. On the other hand, two thirds of the respondents in the present study indicated that the fatty acids found in fish are good for health. This statement was a reverse one, so the risk of the acquiescence bias is, here, contradicted. In the Belgian study, the fact that omega-3 fatty acids have a positive influence on human health was known only to 30% of respondents [31], which is more than two times less than in the present study. It seems, therefore, that the misconception that fish contain fiber is much more common than the awareness of fish containing health-promoting fatty acids. However, in the present study, the knowledge on the type of fatty acids found in fish was very low; the majority of the adolescents identified them as 'trans' fatty acids, while more than every third declared having no opinion on it.

Regarding vitamin D, in the present study, independent of the characteristics of the participants, only every second person knew that fish are a source of it. Comparing that with the frequent misconception that fish contain fiber, it seems that many Polish adolescents do not associate fish with one of their main nutrients, namely omega-3 fatty acids and vitamin D, whose best food source for humans are fatty fish [55]. This is of great importance as it is known that vitamin D intake among Polish adolescents is very low [56,57]. Similarly, studies conducted in other countries show similar results concerning the knowledge that fish are a source of vitamin D—in Belgium this fact was indicated by 53.3% of the study participants [31].

Concerning the safety of fish consumption, the fact that eating fish may cause allergy was not widely known—only every fourth participant knew the correct answer regarding this statement. The possibility that fish may contain dioxins or mercury was not known by many either—only by every fifth and every third participant, respectively. In the Belgian study [31], the results were somehow similar—fewer people (29.1%) indicated dioxins as possible pollutants in fish compared to heavy metals (45.8%), one of which is mercury.

However, in the present study more adolescents were aware of the fact that fish might contain bacteria and parasites or contaminants, as the proper answers were provided by almost half or more than half of respondents, respectively.

4.2. Determinants of Knowledge

According to the present study factors which were positively associated with the knowledge on fish health benefits and safety were female gender, being an adult, being underweight, living in an urban environment, living in a region far away from the sea and attending a comprehensive high school. Most of those variables are also indicated in other studies as variables which are associated with nutritional knowledge, including knowledge on fish. An Iranian study among primary and junior high-school pupils revealed very similar results, that the nutritional knowledge of females as well as junior high-school pupils and pupils from urban areas was higher than that of males, primary school children and pupils from rural areas [58]. In a study among adult Poles, it was age, as well as the education level, which was positively associated with objective knowledge on fish, which was assessed based on statements very similar to the present study (two false statements: 'Fish is a source of dietary fiber' and 'Cod is a fatty fish', and two true statements: 'Fish is a source of omega-3 fatty acids' and 'Salmon is a fatty fish') [35]. Moreover, in an English study analyzing nutritional knowledge among adults, it was women, people of higher education and occupational category, as well as people aged 35–64 who received higher knowledge scores than the other subgroups [59]. In a Canadian study, it was also women and participants with higher education whose nutritional-knowledge score was higher than in men or those with lower education [60]. This is in line with the present study concerning the female gender, but it also seems to be in accordance with adolescents attending comprehensive school and having better knowledge due to the fact that pupils who attend comprehensive schools in Poland choose higher education more frequently than pupils from vocational schools [61].

Similar to the present study, an Italian study among children and adolescents living in a rural area found that being older, as well as underweight or normal weight were linked to higher nutritional knowledge scores [62]. In the present study, the share of correct answers to some of the statements was significantly higher among underweight adolescents, followed by those of normal BMI, while the lowest share of correct answers in the present study was observed in the excessive body mass subgroup of participants. A study among adults in Cyprus also showed that the increase in nutritional knowledge is associated with having a lower BMI [63]. The results from the present study are also in line with a study among adolescents aged 17–19 from continental Croatia, which showed that boys, adolescents from rural areas, as well as overweight adolescents had lower nutritional knowledge than the other subgroups [64]. However, other studies are not always in line with these results and sometimes no association is stated or even a reverse association—a study among school-aged children from Ghana revealed that nutritional knowledge was weakly, but positively correlated with BMI for age [65].

Interestingly, the results of the present study are not in line with an Austrian study assessing nutritional knowledge among over five hundred secondary school adolescents regarding the place of residence [66]. In the cited study, pupils from rural regions scored better than the ones from urban regions, which is contrary to the results from the present study in which those from an urban environment provided correct answers more frequently. However, what should be noted is that in the cited study, the analysis was completed for pupils attending the so-called New Middle Schools in which a subject called 'Nutrition and Household' is taught (with varying frequency depending on the school), while in the present study, the analysis comprised students from the whole country, not only from one specific type of school and where no such dedicated subject is taught. In the Austrian study, more nutrition education classes were observed in rural areas which is probably the reason for better nutritional knowledge among students from these areas. Importantly, in the cited study, pupils who had more nutrition education classes in a week had higher

nutritional-knowledge scores [66], which shows that nutrition education at school is an important factor linked to the nutritional knowledge of adolescents.

An important question is whether the higher knowledge on fish consumption among some subgroups observed in the present study, namely individuals of the female gender, adults, underweight participants, those living in an urban environment, participants living in regions far away from the sea and those attending a comprehensive high school, corresponds to a higher fish consumption among these subgroups. A Polish study found that among adolescents and young adults aged 15–29 there is a significant correlation between fish consumption and the degree of urbanization [67]. This result is in line with the result from the present study, in which adolescents from urban areas provided a higher share of correct answers to some of the analyzed statements than their counterparts from rural regions. A Russian cross-sectional study among adult participants also indicated that fish intake was statistically higher among participants from an urban area compared to a rural area [68]. Interestingly, the Russian study showed that the easy access to fish markets in the city might be a greater fish-consumption driver than a nearby body of water suitable for fishing, such as a lake [68].

However, higher nutritional knowledge concerning fish does not always seem to correspond to greater fish intake. Fish are usually eaten in larger quantities by men, not women, not in line with the results of the present study and the other studies which show that female adolescents' knowledge regarding fish-intake benefits and safety risks is higher than male. According to the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study, the intake of fish and fish products was higher among men than women almost in all analyzed countries and administrative centers [69]. A higher fish intake among men than among women was also observed in the Russian study, but it was statistically significant only for the rural area [68]. Interestingly, in the EPIC study, the crude mean fish and fish-products intake was higher for women than men only among the 'health-conscious' participants from the United Kingdom, and the adjusted for age, weighted for season and day of the week mean intake of fish and fish products was higher among women than men from the Ragusa region in Italy and again among the British health-conscious' participants [69].

Concerning BMI, which according to the present study was associated negatively with the share of correct answers to some of the statements, it seems that fish intake is not correlated negatively with it. European longitudinal studies showed no relation between higher fish intake and lower body mass [70] or waist circumference [71], while a Japanese study showed a direct positive association between energy-adjusted fish intake and BMI [72]. However, it should be noted that the fish-intake patterns in Japan are very different from those in Europe [73], which could be the reason for the opposite results.

Moreover, according to the EPIC study [69], fish intake is usually higher in areas with greater access to the sea. This does not correspond to the results from the present study, in which adolescents from regions situated far away from the sea provided a higher share of correct answers to five of the twenty analyzed statements. However, what should also be noted is that the share of correct answers concerning the other fifteen statements was not different among those two sub-groups. Interestingly, while assessing the national data on fish intake in different regions of Poland, it turns out that the consumption in some of the regions situated far away from the sea may be even higher than in the seaside regions [74]. This difference in consumption but also the difference seen in knowledge in favor for the far-away-from-the-sea sub-group in the present study could, therefore, be linked to the fact that in Poland not only saltwater fish but also freshwater fish, especially carp, are consumed [75], and hence fish availability does not depend on the access to the sea only. What might also play a role is that the larger carp farms are distributed in the regions situated far away from the sea [75].

The fact that females as well as those who were underweight and those living in regions far away from sea provided a higher share of correct answers to some of the analyzed statements, hence their nutritional knowledge concerning fish seems to be higher,

can be very beneficial to these subgroups but also to their relatives. Usually, it is women who are responsible for the household grocery shopping for the family [76]. Therefore, the better knowledge among females can, in the future, result in more frequent purchase and consumption of fish in their households [77]. Moreover, thanks to the more detailed knowledge, their choice of fish species and fish quality might also be better, and, therefore, it might result in a higher intake of high-quality nutritious fish among women, but also their spouses and children. Similar assumptions apply to those whose BMI indicated they are underweight—by dint of their more extensive knowledge concerning fish-intake benefits and safety concerns, their motivation to consume fish might also be higher, hence a lower risk of malnutrition. On the other hand, adolescents from rural areas as well as those who attend vocational schools might be especially at risk of not consuming fish or consuming fish of poor quality because of their insufficient knowledge concerning fish-intake benefits and safety risks. This is especially alarming since studies show that adolescents from rural areas have a greater risk of obesity and physical inactivity [78,79], as well as that their diet is often of poor quality as they commonly prefer fast food to fruit and vegetables, frequently consume sweets and consume few meals during the day [80].

5. Conclusions

In the studied population-based sample of Polish adolescents, their knowledge concerning fish-consumption benefits and safety was in many cases inadequate. Males, minor adolescents, normal weight and excessive body mass adolescents, adolescents from rural regions and from regions by the sea, as well as those attending vocational schools provided a lower share of correct answers to some of the analyzed statements, hence nutrition education concerning fish-consumption benefits and safety should be targeted primarily at these subgroups of adolescents. Importantly, the recommendation for children and adolescents to consume fish at least two times per week should also be addressed, since according to the present study it is not known by all.

Author Contributions: Conceptualization, D.G.; methodology, D.G.; investigation, Z.U.-K.; data curation, Z.U.-K.; writing—original draft preparation, Z.U.-K. and D.G.; and writing—review and editing, Z.U.-K. and D.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the Polish Ministry of Education and Science within the funds of the Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS), for scientific research.

Institutional Review Board Statement: The study was carried out in accordance with the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki, and all procedures involving human subjects received the approval of the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (2/2021).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data available on request.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Swanson, D.; Block, R.; Mousa, S.A. Omega-3 fatty acids EPA and DHA: Health benefits throughout life. *Adv. Nutr.* **2012**, *3*, 1–7. [[CrossRef](#)]
2. Saini, R.K.; Keum, Y.S. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance—A review. *Life Sci.* **2018**, *203*, 255–267. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Khalili Tilami, S.; Sampels, S. Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* **2017**, *26*, 243–253. [[CrossRef](#)]
4. Jayedi, A.; Zargar, M.S.; Shab-Bidar, S. Fish consumption and risk of myocardial infarction: A systematic review and dose-response meta-analysis suggests a regional difference. *Nutr. Res.* **2019**, *62*, 1–12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Zhao, W.; Tang, H.; Yang, X.; Luo, X.; Wang, X.; Shao, C.; He, J. Fish consumption and stroke risk: A meta-analysis of prospective cohort studies. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* **2019**, *28*, 604–611. [[CrossRef](#)]

6. Karimi, G.; Heidari, Z.; Firouzi, S.; Haghighatdoost, F. A systematic review and meta-analysis of the association between fish consumption and risk of metabolic syndrome. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* **2020**, *30*, 717–729. [CrossRef] [PubMed]
7. Kim, E.; Je, Y. Fish consumption and the risk of dementia: Systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Psychiatry Res.* **2022**, *317*, 114889. [CrossRef]
8. Li, F.; Liu, X.; Zhang, D. Fish consumption and risk of depression: A meta-analysis. *J. Epidemiol. Community Health* **2016**, *70*, 299–304. [CrossRef]
9. Zhao, L.G.; Sun, J.W.; Yang, Y.; Ma, X.; Wang, Y.Y.; Xiang, Y.B. Fish consumption and all-cause mortality: A meta-analysis of cohort studies. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2016**, *70*, 155–161. [CrossRef]
10. Gajski, G.; Matković, K.; Delić, L.; Gerić, M. Evaluation of primary DNA damage in young healthy females based on their dietary preferences. *Nutrients* **2023**, *15*, 2218. [CrossRef]
11. Hicks, C.C.; Cohen, P.J.; Graham, N.A.J.; Nash, K.L.; Allison, E.H.; D’Lima, C.; Mills, D.J.; Roscher, M.; Thilsted, S.H.; Thorne-Lyman, A.L.; et al. Harnessing global fisheries to tackle micronutrient deficiencies. *Nature* **2019**, *574*, 95–98. [CrossRef] [PubMed]
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)—Department of Economic and Social Affairs. Food from the Oceans. Available online: <https://sdgs.un.org/statements/food-and-agriculture-organization-united-nations-fao-15957> (accessed on 15 June 2023).
13. WHO/FAO. *Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation on Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases: Geneva, 28 January–1 February 2002*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2003.
14. Visseren, F.L.J.; Mach, F.; Smulders, Y.M.; Carballo, D.; Koskinas, K.C.; Bäck, M.; Benetos, A.; Biffi, A.; Boavida, J.M.; Capodanno, D.; et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur. Heart J.* **2021**, *42*, 3227–3337. [CrossRef] [PubMed]
15. Fish and Omega-3 Fatty Acids. American Heart Association. Available online: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/fats/fish-and-omega-3-fatty-acids> (accessed on 18 January 2023).
16. Lofstedt, A.; de Roos, B.; Fernandes, P.G. Less than half of the European dietary recommendations for fish consumption are satisfied by national seafood supplies. *Eur. J. Nutr.* **2021**, *60*, 4219–4228. [CrossRef] [PubMed]
17. Plate of Healthy Eating—Polish National Center for Nutrition Education (In Polish). Available online: <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/talerz-zdrowego-zywienia/> (accessed on 18 January 2023).
18. Mari, J.T.; Alías, M.S.; de la Cruz, J.N.; Ibáñez, M.V. Healthy Diet for All—A Guide of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition. 2010. Available online: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/alimentacion_sana_para_todos.pdf (accessed on 2 March 2023). (In Spanish)
19. Sofi, F.; Abbate, R.; Gensini, G.F.; Casini, A. Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: An updated systematic review and meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **2010**, *92*, 1189–1196. [CrossRef]
20. Davis, C.; Bryan, J.; Hodgson, J.; Murphy, K. Definition of the Mediterranean diet; a literature review. *Nutrients* **2015**, *7*, 9139–9153. [CrossRef] [PubMed]
21. Tlusty, M.F. Food-based dietary guidelines for seafood do not translate into increased long-chain omega-3 levels in the diet for U.S. consumers. *Foods* **2021**, *10*, 1816. [CrossRef] [PubMed]
22. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. *The EU Fish Market—2022 Edition*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, Luxembourg, 2022; pp. 37–59. [CrossRef]
23. Micha, R.; Khatibzadeh, S.; Shi, P.; Fahimi, S.; Lim, S.; Andrews, K.G.; Engell, R.E.; Powles, J.; Ezzati, M.; Mozaffarian, D. Global, regional, and national consumption levels of dietary fats and oils in 1990 and 2010: A systematic analysis including 266 country-specific nutrition surveys. *BMJ* **2014**, *348*, g2272, Erratum in: *BMJ* **2015**, *350*, h1702.
24. Jahns, L.; Ratz, S.K.; Johnson, L.A.K.; Kranz, S.; Silverstein, J.T.; Picklo, M.J. Intake of seafood in the US varies by age, income, and education level but not by race-ethnicity. *Nutrients* **2014**, *6*, 6060–6075. [CrossRef]
25. Dymkowska-Malesa, M.; Walczak, Z.; Zakrzewski, J. Evaluation of the level of fish consumption among students in grades 4–6 of primary schools in Koszalin. *Probl. Hig. Epidemiol.* **2014**, *95*, 182–185.
26. Przysławski, J.; Stelmach, M.; Grygiel-Górniak, B.; Mardas, M.; Walkowiak, J. Dietary habits and nutritional status of female adolescents from the Great Poland region. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **2011**, *61*, 73–78. [CrossRef]
27. Derbyshire, E. Oily fish and omega-3s across the life stages: A focus on intakes and future directions. *Front. Nutr.* **2019**, *6*, 165. [CrossRef] [PubMed]
28. Skibniewska, K.; Radzymińska, M.; Jaworska, M.; Babicz-Zielińska, E. A study of the dietary habits of Polish and Belgian students. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* **2009**, *16*, 250–258. (In Polish)
29. Tkaczewska, J.; Migdał, W.; Kulawik, P. Consumer preferences for fish consumption. *Komunikaty Rybackie* **2014**, *138*, 10–14. (In Polish)
30. Bortnowska, G.; Grotowska, L.; Goluch-Koniuszy, Z. Consumption of fish dishes and/or snacks by school children from the Miedzychodzsko-Sierakowskie Lake District. *Roczn. PZH* **2011**, *62*, 325–333. (In Polish)
31. Verbeke, W.; Sioen, I.; Pieniak, Z.; Van Camp, J.; De Henauw, S. Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption. *Public Health Nutr.* **2005**, *8*, 422–429. [CrossRef] [PubMed]
32. Wahyuni, H.C.; Saidi, I.A.; Sumarmi, W. Indonesian consumer perception of food safety system in fish supply chain. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2018**, *434*, 012249. [CrossRef]

33. Response from the Undersecretary of the Ministry of Agriculture and Rural Development to Interpellation no. 25918 on the Cost of Media Campaigns of the Ministry of Agriculture and Rural Development (In Polish). Available online: <https://www.sejm.gov.pl/Sejm7.nsf/InterpelacjaTresc.xsp?key=4210420B> (accessed on 19 May 2023).
34. Pérez-Cueto, F.J.A.; Pieniak, Z.; Verbeke, W. Attitudinal determinants of fish consumption in Spain and Poland. *Nutr. Hosp.* **2011**, *26*, 1412–1419. [[CrossRef](#)]
35. Pieniak, Z.; Verbeke, W.; Scholderer, J. Health-related Beliefs and Consumer Knowledge as Determinants of Fish Consumption. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2010**, *23*, 480–488. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Register of Schools and Educational Institutions in Poland (In Polish). Available online: <https://rspo.gov.pl/> (accessed on 19 January 2021).
37. Education—Enrollment—Statistics Poland. Available online: <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/tablica> (accessed on 19 January 2023).
38. Statistics Poland—The NUTS Classification in Poland. Available online: <https://stat.gov.pl/en/regional-statistics/classification-of-territorial-units/classification-of-territorial-units-for-statistics-nuts/the-nuts-classification-in-poland/> (accessed on 2 March 2023).
39. Statistics Poland—Population by Singular Age and Sex. Available online: <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat> (accessed on 17 April 2023).
40. Burger, J.; Gochfeld, M. Knowledge about fish consumption advisories: A risk communication failure within a university population. *Sci. Total Environ.* **2008**, *390*, 346–354. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
41. WHO—Process of Translation and Adaptation of Instruments. Available online: <https://www.coursehero.com/file/30372721/WHO-Process-of-translation-and-adaptation-of-instrumentspdf/> (accessed on 24 November 2020).
42. WHO—A Healthy Lifestyle—WHO Recommendations. Available online: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle-who-recommendations> (accessed on 24 April 2023).
43. OLAF—Percentile Calculator for Polish Children and Adolescents. Available online: http://olaf.czd.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=103:kalkulator (accessed on 11 May 2022).
44. de Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Saidi, A.; Sacchi, G.; Cavallo, C.; Cicia, G.; Di Monaco, R.; Puleo, S.; Del Giudice, T. Drivers of fish choice: An exploratory analysis in Mediterranean countries. *Agric. Food Econ.* **2022**, *10*, 29. [[CrossRef](#)]
46. Statistics Poland—Regions of Poland 2022. Available online: <https://stat.gov.pl/en/topics/other-studies/cities-voivodship/regions-of-poland-2022,5,16.html> (accessed on 24 May 2022).
47. Bloomingdale, A.; Guthrie, L.B.; Price, S.; Wright, R.O.; Platek, D.; Haines, J.; Oken, E. A qualitative study of fish consumption during pregnancy. *Am. J. Clin. Nutr.* **2010**, *92*, 1234–1240. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Sinikovic, D.S.; Yeatman, H.R.; Cameron, D.; Meyer, B.J. Women’s awareness of the importance of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acid consumption during pregnancy: Knowledge of risks, benefits and information accessibility. *Public Health Nutr.* **2009**, *12*, 562–569. [[CrossRef](#)]
49. Ługowska, K.; Kolanowski, W. The nutritional behaviour of pregnant women in Poland. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 4357. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
50. Książek, P.; Kozłowiec, J.; Kozłowiec, M. The nutritional knowledge of pregnant women. *Pol. J. Publ. Health* **2015**, *124*, 191–194. [[CrossRef](#)]
51. Alexy, U.; Fischer, M.; Weder, S.; Längler, A.; Michalsen, A.; Keller, M. Food group intake of children and adolescents (6–18 years) on a vegetarian, vegan or omnivore diet: Results of the VeChi Youth Study. *Br. J. Nutr.* **2022**, *128*, 851–862. [[CrossRef](#)]
52. Brettschneider, A.K.; Lage Barbosa, C.; Haftenberger, M.; Lehmann, F.; Mensink, G.B. Adherence to food-based dietary guidelines among adolescents in Germany according to socio-economic status and region: Results from Eating Study as a KiGGS Module (EsKiMo) II. *Public Health Nutr.* **2021**, *24*, 1216–1228. [[CrossRef](#)]
53. Terry, A.L.; Herrick, K.A.; Afful, J.; Ahluwalia, N. *Seafood Consumption in the United States, 2013–2016*. NCHS Data Brief, no 321; National Center for Health Statistics: Hyattsville, MD, USA, 2018.
54. Hinz, A.; Michalski, D.; Schwarz, R.; Herzberg, P.Y. The acquiescence effect in responding to a questionnaire. *Psychosoc. Med.* **2007**, *4*, Doc07. [[PubMed](#)]
55. Benedik, E. Sources of vitamin D for humans. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* **2022**, *92*, 118–125. [[CrossRef](#)]
56. Utri, Z.; Głąbska, D. Vitamin D intake in a population-based sample of young Polish women, its major sources and the possibility of meeting the recommendations. *Foods* **2020**, *9*, 1482. [[CrossRef](#)]
57. Lachowicz, K.; Stachoń, M. Determinants of dietary vitamin D Intake in population-based cohort sample of Polish female adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 12184. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
58. Naeeni, M.; Jafari, S.; Fouladgar, M.; Heidari, K.; Farajzadegan, Z.; Fakhri, M.; Karami, P.; Omid, R. Nutritional knowledge, practice, and dietary habits among school children and adolescents. *Int. J. Prev. Med.* **2014**, *5*, 171–178. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Parmenter, K.; Waller, J.; Wardle, J. Demographic variation in nutrition knowledge in England. *Health Educ. Res.* **2000**, *15*, 163–174. [[CrossRef](#)]

60. Carbonneau, E.; Lamarche, B.; Provencher, V.; Desroches, S.; Robitaille, J.; Vohl, M.C.; Bégin, C.; Bélanger, M.; Couillard, C.; Pelletier, L.; et al. Associations between nutrition knowledge and overall diet quality: The moderating role of sociodemographic characteristics—Results from the PREDISE study. *Am. J. Health Promot.* **2021**, *35*, 38–47. [[CrossRef](#)]
61. Ministry of Education and Science—Career Monitoring of Graduates of Public and Non-Public Secondary Schools Edition 2021. Available online: <https://www.gov.pl/web/edukacja-i-nauka/monitoring-karier-absolwentow-publicznych-i-niepublicznych-szkol-ponadpodstawowych-edycja-2022> (accessed on 9 May 2023). (In Polish)
62. Grosso, G.; Mistretta, A.; Turconi, G.; Cena, H.; Roggi, C.; Galvano, F. Nutrition knowledge and other determinants of food intake and lifestyle habits in children and young adolescents living in a rural area of Sicily, South Italy. *Public Health Nutr.* **2013**, *16*, 1827–1836. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
63. Akkartal, Ş.; Gezer, C. Is nutrition knowledge related to diet quality and obesity? *Ecol. Food Nutr.* **2020**, *59*, 119–129. [[CrossRef](#)]
64. Milosavljević, D.; Mandić, M.L.; Banjari, I. Nutritional knowledge and dietary habits survey in high school population. *Coll. Antropol.* **2015**, *39*, 101–107.
65. Akpene Ameyna, P.C.; Annan, R.A.; Apprey, C.; Agbley, E.N. The relationship between nutrition and physical activity knowledge and body mass index-for-age of school-aged children in selected schools in Ghana. *Heliyon* **2021**, *7*, e08298. [[CrossRef](#)]
66. Egg, S.; Wakolbinger, M.; Reisser, A.; Schätzer, M.; Wild, B.; Rust, P. Relationship between nutrition knowledge, education and other determinants of food intake and lifestyle habits among adolescents from urban and rural secondary schools in Tyrol, Western Austria. *Public Health Nutr.* **2020**, *23*, 3136–3147. [[CrossRef](#)]
67. Klatka, M.; Zienkiewicz, E.; Kołataj, W.; Zienkiewicz, T.; Kołataj, B. Socio-economic development, level of urbanization and consumption of selected food products as factors in the prevalence of overweight and obesity among youths and young adults in Poland. *Ann. Agric. Environ. Med.* **2020**, *27*, 139–145. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
68. Petrenya, N.; Dobrodeeva, L.; Brustad, M.; Bichkaeva, F.; Menshikova, E.; Lutfaliev, G.; Poletaeva, A.; Repina, V.; Cooper, M.; Odland, J.Ø. Fish consumption and socio-economic factors among residents of Arkhangelsk city and the rural Nenets autonomous area. *Int. J. Circumpolar Health* **2011**, *70*, 46–58. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Welch, A.; Lund, E.; Amiano, P.; Dorronsoro, M.; Brustad, M.; Kumle, M.; Rodriguez, M.; Lasheras, C.; Janzon, L.; Jansson, J.; et al. Variability of fish consumption within the 10 European countries participating in the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutr.* **2002**, *5*, 1273–1285. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
70. Jakobsen, M.U.; Dethlefsen, C.; Due, K.M.; May, A.M.; Romaguera, D.; Vergnaud, A.C.; Norat, T.; Sørensen, T.I.A.; Halkjær, J.; Tjønneland, A.; et al. Fish consumption and subsequent change in body weight in European women and men. *Br. J. Nutr.* **2013**, *109*, 353–362. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
71. Jakobsen, M.U.; Due, K.M.; Dethlefsen, C.; Halkjaer, J.; Holst, C.; Forouhi, N.G.; Tjønneland, A.; Boeing, H.; Buijsse, B.; Palli, D.; et al. Fish consumption does not prevent increase in waist circumference in European women and men. *Br. J. Nutr.* **2012**, *108*, 924–931. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
72. Gibson, R.; Lau, C.H.E.; Loo, R.L.; Ebbels, T.M.; Chekmeneva, E.; Dyer, A.R.; Miura, K.; Ueshima, H.; Zhao, L.; Daviglius, M.L.; et al. The association of fish consumption and its urinary metabolites with cardiovascular risk factors: The International Study of Macro-/Micronutrients and Blood Pressure (INTERMAP). *Am. J. Clin. Nutr.* **2020**, *111*, 280–290. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
73. Konishi, K. Associations between healthy Japanese dietary patterns and depression in Japanese women. *Public Health Nutr.* **2021**, *24*, 1753–1765. [[CrossRef](#)]
74. Rogalińska, D.; Brzostowska, M.; Hausman-Czerwińska, J.; Jelińska-Hryniewicz, J.; Król, K.; Moskalewicz, M.; Piórkowska, I.; Poświata, J. Households. Dwellings. In *Statistical Yearbook of the Regions—Poland*; Statistics Poland: Warsaw, Poland, 2022; p. 64.
75. Zakes, Z.; National Aquaculture Sector Overview. Poland. *National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets*. Available online: https://firms.fao.org/fi/website/FIRRetrieveAction.do?dom=countrysector&xml=naso_poland.xml&lang=en (accessed on 23 May 2023).
76. Food Standards Agency—Food and You—Wave Four. Research Project. Available online: <https://www.food.gov.uk/research/food-and-you/food-and-you-wave-four> (accessed on 23 May 2023).
77. Govzman, S.; Looby, S.; Wang, X.; Butler, F.; Gibney, E.R.; Timon, C.M. A systematic review of the determinants of seafood consumption. *Br. J. Nutr.* **2021**, *126*, 66–80. [[CrossRef](#)]
78. Yousefian, A.; Ziller, E.; Swartz, J.; Hartley, D. Active living for rural youth: Addressing physical inactivity in rural communities. *J. Public Health Manag. Pract.* **2009**, *15*, 223–231. [[CrossRef](#)]
79. Patterson, P.D.; Moore, C.G.; Probst, J.C.; Shinogle, J.A. Obesity and physical inactivity in rural America. *J. Rural Health* **2004**, *20*, 151–159. [[CrossRef](#)]
80. Suliburska, J.; Bogdański, P.; Pupek-Musialik, D.; Głód-Nawrocka, M.; Krauss, H.; Piątek, J. Analysis of lifestyle of young adults in the rural and urban areas. *Ann. Agric. Environ. Med.* **2012**, *19*, 135–139. [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Warszawa, 11.09.2025

Zofia Utri-Khodadady
zofia_utri@sggw.edu.pl
Katedra Dietetyki
Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywienia
Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D. **Analysis of fish-consumption benefits and safety knowledge in a population-based sample of Polish adolescents.** *Nutrients.* 2023; 15(23): 4902

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

przeprowadzeniu badania, zarządzaniu danymi, analizie statystycznej danych, przygotowaniu manuskryptu (wiodący udział) oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu (wiodący udział),

co stanowi **ok. 70%** całej pracy.

Zofia Utri-Khodadady

Podpis

Warszawa, 11.09.2025

Dominika Głabska

dominika_glabska@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D. **Analysis of fish-consumption benefits and safety knowledge in a population-based sample of Polish adolescents.** *Nutrients.* 2023; 15(23): 4902

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania, przygotowaniu manuskryptu, analizie statystycznej danych oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu,

co stanowi **ok. 30%** całej pracy.


.....
Podpis

Article

Determinants of Fish Intake and Complying with Fish Consumption Recommendations—A Nationwide Cross-Sectional Study among Secondary School Students in Poland

Zofia Utri-Khodadady , Dominika Skolmowska  and Dominika Głabska * 

Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), 159C Nowoursynowska Street, 02-776 Warsaw, Poland; zofia_utri@sggw.edu.pl (Z.U.-K.); dominika_skolmowska@sggw.edu.pl (D.S.)

* Correspondence: dominika_glabska@sggw.edu.pl; Tel.: +48-22-593-71-26

Abstract: Fish intake in youth is commonly inadequate with several potential determinants. This cross-sectional study aimed to assess the influence of potential fish intake determinants in a nationwide sample of Polish youth. Associations between the participants' fish intake and their gender, age, body mass index, place of residence (region and size of locality), school type, nutritional knowledge about fish, and their parents'/legal guardians' fish intake were assessed. A total sample of 1317 adolescents (870 female, 447 male) aged 14–22 from 32 secondary schools from all regions of Poland participated in the study. Median fish intake among the youth was 34.9 g/week. The recommendation to consume at least 300 g of fish/week was followed by 6% of participants. Fish intake was determined by gender and the type of school, with males and comprehensive high school students consuming more fish, but it was not determined by the region or size of the locality of residence and age group, nor did the body mass index determine fish intake. Participants' fish intake was positively associated with their nutritional knowledge about fish, as well as with their parents'/legal guardians' fish intake. Most youths do not follow the recommendation to consume at least 300 g of fish weekly; hence, nutritional education on the recommendations and the benefits of fish consumption is necessary.

Keywords: fish consumption; food intake determinants; eating behaviors; recommendations; nutritional knowledge; teenagers; adolescents; parents/guardians



Citation: Utri-Khodadady, Z.; Skolmowska, D.; Głabska, D. Determinants of Fish Intake and Complying with Fish Consumption Recommendations—A Nationwide Cross-Sectional Study among Secondary School Students in Poland. *Nutrients* **2024**, *16*, 853. <https://doi.org/10.3390/nu16060853>

Academic Editor: Sonia Vega-López

Received: 30 January 2024

Revised: 7 March 2024

Accepted: 13 March 2024

Published: 15 March 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Adolescence is a vital period in life as this is when numerous systems, such as the neurological system, the reproductive system, and the endocrine system are developed [1]. It is also a time of transition when habits are created, which can persist in adult life [2]. Moreover, the peak bone mass is initiated and achieved during puberty and early adulthood [3]. Nutrition, and consequently, nutritional status in childhood and early adolescence, influences the timing of puberty and has consequences on the proper development of the above-mentioned systems [4]. Therefore, not only should nutrition during adolescence provide all the necessary nutrients to meet the demands of physical and cognitive growth but it also ought to encourage and promote healthy dietary habits and lifestyle [5].

Fish contain high-quality protein as well as other essential nutrients of metabolic and hormonal importance, including *n*-3 polyunsaturated fatty acids, minerals (iodine, selenium), and vitamin D [6]. Fish consumption is associated with several significant health benefits. In an umbrella review of meta-analyses, it was found that high fish intake was associated with various beneficial health outcomes, including decreased all-cause death rate, decreased risk of different types of cancers (including colorectal, lung, hepatocellular, and oral cancer), and reduced risk of some cardiovascular diseases, such as the acute coronary

syndrome, heart failure, and stroke [7]. Another one showed that fish consumption was also associated with a reduced risk of depression [8]. Last but not least, a recent German cohort study found that consuming fish is positively associated with school performance in children [9].

Due to its multiple health benefits, fish is usually recommended as part of a healthy balanced diet in most dietary guidelines [10–14], including those for children and adolescents [15–17]. Interestingly, some nutritional recommendations differ from country to country, and according to the World Health Organization, they often reflect the national dietary habits [18]. This is also observed in the case of fish intake recommendations. The Austrian nutritional recommendations for children indicate one to two portions of fish, ideally oily [10], to be consumed in a week [15], with a portion size of 150 g [10]. According to the British National Health Service (NHS), a proper diet should include at least two portions of fish a week (corresponding to around 280 g a week), including one portion (around 140 g) of oily fish, such as herring, salmon, mackerel, or trout [12]. The American Food and Drug Administration (FDA) advises children who are 11 years old and older, as well as adults, to consume two to three servings of different fish a week, while a typical serving corresponds to approximately 4 ounces (113 g) [16]. As for the Polish recommendations for children and adolescents, fish should be consumed at least twice a week [17], while the recommended portion is 150 g [19]. Based on the above recommendations, the recommended fish intake corresponds to around 150–300 g weekly [10,12,16,19].

Global data indicate that fish intake varies greatly between countries [20], which is associated with a very diverse consumption of *n*-3 fatty acids of seafood origin, including fish, with only 18.9% of the global population achieving the recommended intake of at least 250 mg per day [21]. The Polish Food and Nutrition Institute [22] emphasized that Poland, when compared with other European Union countries, is among countries characterized by low fish consumption, which is confirmed by the European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture (EUMOFA) [23].

It must be noted that some methods of obtaining worldwide dietary data for monitoring nutrition, such as household budget surveys or balance sheets, do not accurately reflect the food intake of individuals [24]. In Poland, the available data concerning fish intake as well as the analyses and recommendations are usually based on balance sheets or household budget surveys. Some studies, such as the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC), which collected data from 1992 to 2000 [25], did assess fish intake in some European countries with the use of the 24 h dietary recall, which might be more accurate than the household budget surveys or balance sheets, but the analysis did not include Poland. Up to now, there are no comprehensive data concerning fish intake in the Polish population. Therefore, it is crucial to conduct well-designed nationwide studies to accurately assess food intake in vulnerable populations, such as adolescents.

Food choices made by adolescents are especially important, as the food intake in this period may be a determinant both of their current health status and their health status in adulthood [26]. There are various factors influencing food choices and food intake—both internal and external. Internal determinants include physiological needs, self-image, individual health, and preferences, while external factors are associated with family habits, social and cultural values, media, and friendship [27]. Importantly, consumers' attitudes toward nutrition and food may be an important factor affecting dietary behaviors and food intake [28]. Among all the multiple food choice determinants observed in the group of adolescents, the importance of parental attitudes and parental dietary knowledge is often highlighted [29]. In the systematic review of Liu et al. [29], it was shown that these two factors may promote adolescents' knowledge, attitude, and practice of healthy eating. Although some studies describe the determinants of fish consumption in a group of children [30,31], studies focused on youth are scarce.

Therefore, taking all the above into account, the present cross-sectional study aimed at the assessment of fish intake and its determinants in a nationwide sample of Polish youth aged 14–22 years.

2. Materials and Methods

2.1. Ethical Statement

The study was carried out at the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW) and was conducted according to the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki. All participants, as well as their parents/legal guardians provided informed consent to participate. All procedures involving human subjects received the approval of the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (2/2021). The data for the study were collected from May to July 2021.

2.2. Studied Group

In order to gather a nationwide sample, the cross-sectional study was conducted among Polish secondary school students attending one of the five types of schools: comprehensive high schools, specialized high schools, vocational schools, technical schools, and visual arts high schools, for which the net enrollment rate in Poland is 90.83% [32]. The list of schools for the sampling was derived from the online National Register of Schools and Educational Establishments of the Polish Ministry of Education and Science [33]. The stratified random sampling method was implemented to invite students to take part in the study, and it consisted of two stages: (1) random sampling of 30% of counties from each of the sixteen Polish voivodeships (basic administrative units of Poland), and (2) inviting students from all the secondary schools from the sampled counties. In total, 115 counties were sampled and students from 1357 secondary schools were invited to take part in the study. Students were to provide data about themselves as well as about their parents/legal guardians.

An invitation email with the aim and the scope of the study was sent to the headmasters and/or the school secretaries of the sampled schools. In the case of a lack of response, the email was resent. In the end, students from 32 secondary schools participated in the study.

Headmasters and/or the school secretaries of the participating schools were sent an electronic link to the study questionnaire prepared in Google Forms, which was then passed along to the students. Along with the questionnaire guidelines on how to carry the study out (e.g., that the parents/legal guardians, as well as teachers, should not help the students fill in the questionnaire, and that it is possible to fill it in on a mobile phone, but it is more comfortable to fill it in with the use of a computer) were also provided. Taking part in the study was voluntary, and the dedicated questionnaire was anonymous and did not collect any data that would allow the identification of the respondents. However, the questionnaire allowed the verification of the inclusion and exclusion criteria.

The inclusion criteria were as follows:

- Age: 14–22 years;
- Attending one of the five given types of secondary school in Poland: comprehensive high school, specialized high school, vocational, technical, or visual arts high school;
- Attending a secondary school sampled within the study;
- Informed consent to participate (verified by the headmaster);
- Informed consent of parent/legal guardian for participation (verified by the headmaster).

The exclusion criteria were as follows:

- Any missing data within the questionnaire completed;
- Any unreliable answers within the questionnaire completed.

The total sample of students who completed the questionnaire comprised 1317 students from all seven macroregions in Poland (NUTS 1 units in the statistical division of Poland from the year 2021 [34]). In total, the study was conducted in 32 secondary schools, which does not differ from a typical response rate for studies conducted in Poland based on the national school sampling procedure and is comparable with the response rate observed by Głąbska et al. [35]. Such response rate, which is lower than expected, is by other authors indicated to be caused by the fact that some headmasters or teachers do not want to have

their classes interrupted in any way, which results in rejecting to participate in a study by the school [36]. The detailed sampling procedure is presented in Figure 1.

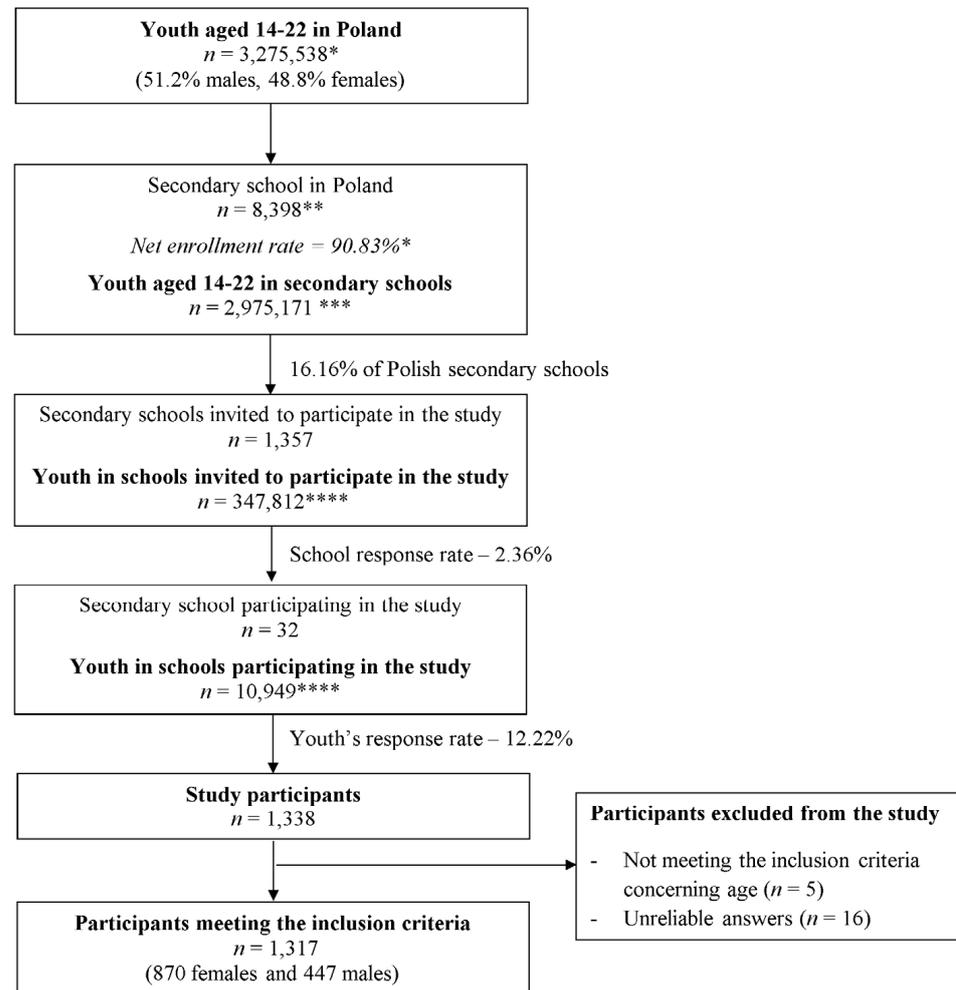


Figure 1. Flow diagram of the sampling procedure. * based on Statistics Poland data for the year 2021 [32], ** based on the National Register of Schools and Educational Establishments of the Polish Ministry of Education and Science for the year 2021 [33], *** calculated based on Statistics Poland data for the year 2021 [32], **** calculated based on the National Register of Schools and Educational Establishments for the year 2021 of the Ministry of Education and Science [33].

2.3. Applied Questionnaire and Data Analysis

The applied questionnaire used for the study consisted of four parts. The first part included basic close-ended questions about the participant's gender, region of residence, size of the locality of residence, and type of school attended; and open-ended questions about the participant's age, height, and weight.

The second part of the questionnaire comprised questions needed to estimate the fish and fish products intake of the participant. Four questions were included in this part: (1) 'How often do you consume fish?'—a close-ended question with examples of various fish dishes listed (such as baked, fried, cooked, fish fingers, and fish cutlets) with five possible answers (never, less than once a month, one to three times a month, one to two times a week, three or more times a week); (2) 'How big (in grams) is usually the fish portion you consume?'—an open-ended question where only digits and numbers were accepted; (3) 'How often do you consume fish products?'—a close-ended question with examples of various fish products listed (such as canned fish, smoked fish, fish in cream or oil sauce, and fish spreads) with five possible answers (never, less than once a month,

one to three times a month, one to two times a week, three or more times a week); and (4) How big (in grams) is usually the fish product portion you consume?—an open-ended question where only digits and numbers were accepted. Questions 1 and 3 were based on questions from a short food frequency questionnaire to assess intake of seafood and *n*-3 supplements, which was validated with biomarkers in adults by Dahl et al. [37], while questions 2 and 4 were accompanied by exemplary pictures of fish and fish products from the Polish Food Composition Tables [38] to facilitate the exact estimation of the typically consumed portion. In question 2, nine pictures showing the portion sizes of exemplary fish dishes were presented: one fish finger (25 g), two fish fingers (50 g), three fish fingers (75 g), a small portion of a baked whole fish (90 g), a medium-size portion of a baked whole fish (180 g), a big portion of a baked whole fish (270 g), a small portion of a fried fish fillet (85 g), a medium-size portion of a fried fish fillet (170 g), and a big portion of a fried fish fillet (225 g). In question 4, nine pictures showing the portion sizes of exemplary fish products were again presented: a herring rollmop (50 g), a medium-sized portion of smoked salmon (50 g), a medium-sized portion of canned tuna (50 g), a small smoked sardine-like fish (20 g), a medium-size sardine-like fish (30 g), and a big sardine-like fish (50 g), half of a smoked mackerel (100 g), three-quarters of a smoked mackerel (150 g), and a whole smoked mackerel (200 g).

To estimate fish consumption, the qualitative answers to questions (1) ‘How often do you consume fish?’ and (3) ‘How often do you consume fish products?’ were transformed into quantitative—to represent the estimated number of portions of fish consumed in a week. The answer ‘never’ corresponded to 0 portions of fish in a week, the answer ‘less than once a month’ corresponded to 0.116 (an average of half a portion of fish in a month divided by 4.3—the average number of weeks in a month), the answer ‘one to three times a month’ to 0.465 (an average of two portions of fish in a month divided by 4.3—the average number of weeks in a month), and the answer ‘one to two times a week’ to 1.5 and ‘three or more times a week’ to 3 portions of fish in a week. To estimate the weekly fish intake in grams, the calculated estimated number of portions consumed in a week based on question 1 was multiplied by the typical fish portion the respondents indicated in question 2. Similarly, to estimate the weekly fish products intake in grams, the calculated estimated number of portions consumed in a week based on question 3 was multiplied by the typical fish products portion the respondents indicated in question 4. To estimate total weekly fish consumption, the two above-described sums were totaled up. For the analyses, the weekly total fish consumption was used—the sum of the weekly consumed fish and fish products.

In the third part of the questionnaire, students were asked about their parents’/legal guardians’ fish intake. First, questions on their parent’s/legal guardian’s gender (close-ended question) and age (open-ended question) were posed, as well as whether it is a parent, a different relative, or a non-related legal guardian. They were followed by questions concerning the parent’s/legal guardian’s estimated fish and fish products intake. The whole process of this estimation was analogous to the one undertaken for the child (the second part of the questionnaire). Just like in the case of the children for the analyses, the total weekly fish intake of one person was used—the sum of fish and fish products.

Pupils were asked whether they lived with only one or two parents/legal guardians; in the case of living with two, they were asked to estimate the fish and fish products intake for both parents/legal guardians. For data analyses, if a student indicated one female and one male parent/legal guardian, both were taken into consideration; if a student indicated both female or both male parents/legal guardians, only data for the first one indicated were taken into consideration; while if a student indicated both female or both male parents/legal guardians and the first one was not related to the student, while the second was, data for the second one indicated were taken into consideration.

The fourth part of the questionnaire consisted of a short close-ended twenty-statement-long fish knowledge test concerning fish intake benefits and safety risks based on questions and answers from a study by Burger and Gochfeld [39]. The test included 12 true and 8 false statements and covered the following issues: the content of nutrients in fish (statements 1–5,

9, 11, 19), their influence on human health (statements 6–8, 10), the health risks associated with consuming fish (statements 12, 13, 16, 18, 20), and the nutritional recommendations concerning fish (statements 14, 15, 17). To reduce the question order bias, the statements were intentionally put in a disorganized order, with not all statements concerning one issue consecutively. Also, to reduce the confirmation bias, the statements were intentionally formulated in a way to include a similar number of correct and false statements as presented in the recently published study [40]. Students were asked to evaluate each statement whether in their opinion it was true or false; they could choose the ‘I don’t know’ answer as well. For each correct answer, they received 1 point, and for each false or ‘I don’t know’ answer, they received 0 points, thus the possible range of points was 0 to 20 points. The fish knowledge test used in the study is presented in Table 1.

Table 1. Fish knowledge test concerning fish intake benefits and safety risks and the correct answers used in the study.

No.	Statement	Correct Answer
1.	Fish are a good source of protein.	True
2.	Fish contain a lot of fiber.	False
3.	Fish are a good source of vitamin D.	True
4.	Fish contain a lot of unhealthy fats.	False
5.	Fish have good fat.	True
6.	Eating fish is good for the heart.	True
7.	Eating fish is not good for the brain.	False
8.	Eating fish is good for you.	True
9.	Fish contain a lot of healthy ‘trans’ fats.	False
10.	Eating fish lowers cholesterol.	True
11.	Fish are a good source of vitamin C.	False
12.	Eating fish may cause allergies.	True
13.	Fish may contain bacteria or parasites.	True
14.	Children and adolescents should not eat fish.	False
15.	Eating fish is recommended to pregnant women.	True
16.	Fish may contain contaminants.	True
17.	Fish should be eaten once a week at the most.	False
18.	Fish may contain PCBs.	True
19.	Cod is a fatty fish.	False
20.	Fish may contain mercury.	True

Prior to the main research a pilot study among 28 students from two different schools, which did not take part in the main study, was conducted in order to ensure that all questions were comprehensible and that no technical problems would occur. It confirmed that the questions in the study were understandable and since no other problems arose, the questionnaire was not changed after the pilot study.

2.4. Statistical Analysis

The normality of the distribution of the obtained data was verified using the Shapiro–Wilk test (which was chosen due to the size of the studied sample [41]), while the fish consumption in subgroups was compared using the Mann–Whitney U test and the correlations using the Spearman’s rank-order correlation. The accepted level of significance was $p \leq 0.05$.

The statistical analysis was conducted using Statgraphics Plus for Windows 5.1 (Statgraphics Technologies Inc., The Plains, VA, USA) and Statistica 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

For subgroup analyses, all participants were divided into the following subgroups depending on:

- Gender: female and male (referring to the social context in which people live and which contributes to a subjective sexual identity, not to the anatomy of reproductive organs [42]);

- Age: younger (up to 16 years old) and older (>16 years old);
- Body mass index (BMI): underweight, proper, and excessive—for adults the standard cut-offs by WHO were applied (18.5–25 kg/m² as proper body mass index) [43], while for minors the Polish growth reference cut-offs were applied [44] (5th–85th percentile as proper body mass index) [45];
- Locality of residence: countryside, small city (<50,000 inhabitants), medium city (50,000–100,000 inhabitants), and big city (>100,000 inhabitants);
- Region of residence: North-Western, Northern, Eastern, South-Eastern, Southern, Central, and Masovian—defined based on the macroregion categories assumed by the Central Statistical Office in Poland [46];
- Type of school: comprehensive school (comprehensive high schools and specialized high schools) and vocational school (vocational schools, technical schools, and visual arts high schools);
- The specific fish species declared to be usually consumed by the participants: salmon, cod, mackerel, herring, tuna, pollock, carp, rainbow trout (salmon trout), sprat, pangasius (basa), pike (luce), brook trout, zander (pikeperch), halibut, gilt-head bream, flounder, sole, perch, sardine, silver hake, eel, lemon sole; for this analysis only fish species that had been indicated by at least 10 participants were taken into consideration.

3. Results

The characteristics of the studied group are presented in Table 2.

Table 2. Characteristics of the studied group.

Characteristic		n (%)
Total		1317 (100)
Gender	Female	870 (66.1)
	Male	447 (33.9)
Region	North-Western	55 (4.2)
	Northern	329 (25.0)
	Eastern	99 (7.5)
	South-Western	378 (28.7)
	Southern	74 (5.6)
	Central	78 (5.9)
Place of residence	Masovian	304 (23.1)
	Countryside	681 (51.7)
	Small city (<50,000)	274 (20.8)
	Medium city (50,000–100,000)	136 (10.3)
	Big city (>100,000)	226 (17.2)
	Body mass index	Underweight
Proper body mass index		917 (69.6)
Overweight or obese		304 (23.1)
Age	Older (>16 years old)	661 (50.2)
	Younger (up to 16 years old)	656 (49.8)
School	Comprehensive	462 (35.1)
	Vocational	855 (64.9)

The frequency of declared fish and fish products intake of the studied group is presented in Table 3. Thirteen percent of participants declared to follow the recommendation to consume fish 1–2 times a week or more, while more than sixteen percent declared not to consume fish at all. Fish products were declared to be consumed less frequently than fish, and 4 in 10 participants declared not to consume fish products at all.

Table 3. Frequency of declared fish and fish products intake of the studied group.

Categories of Frequency	Fish n (%)	Fish Products n (%)
Never	217 (16.5)	537 (40.8)
<once a month	452 (34.3)	428 (32.5)
1–3 times a month	477 (36.2)	279 (21.2)
1–2 times a week	142 (10.8)	56 (4.3)
≥3 times a week	29 (2.2)	17 (1.3)

Table 4 presents the weekly intake of total fish (fish and fish products) in the studied group, as well as in the various subgroups. The median intake was higher in males than in females (46.5 g vs. 31.6 g; $p < 0.001$) and higher in students from comprehensive schools compared to students from vocational schools (43.0 g vs. 29.0 g; $p = 0.010$). Only 6% (76 participants) met the recommendation to consume at least 300 g of fish weekly, while for the threshold of at least 150 g, it was 13% (170 participants) (data not presented in the table).

Table 4. The weekly intake of total fish (fish and fish products) in the studied group.

		Intake, Grams/Week		
Subgroups		Mean ± SD	Median (Min–Max)	<i>p</i>
	Total	78.7 ± 135.8	34.9 (0.0–1650.0) *	–
Gender	Female	65.8 ± 108.9	31.6 (0.0–900.0) *	<0.001
	Male	103.6 ± 174.3	46.5 (0.0–1650.0) *	
Place of residence—region	North-Western	82.4 ± 123.8	40.7 (0.0–690.0) *	1.000
	Northern	76.3 ± 141.9	29.0 (0.0–1275.0) *	
	Eastern	64.2 ± 125.4	17.4 (0.0–808.0) *	
	South-Western	85.1 ± 138.2	34.9 (0.0–900.0) *	
	Southern	63.1 ± 83.8	34.0 (0.0–405.0) *	
	Central	80.1 ± 91.4	56.4 (0.0–495.0) *	
Place of residence—size	Masovian	80.7 ± 150.7	39.5 (0.0–1650.0) *	0.567
	Countryside	68.5 ± 105.9	32.0 (0.0–750.0) *	
	Small city (<50,000)	90.5 ± 157.6	39.5 (0.0–1650.0) *	
	Medium city (50,000–100,000)	71.3 ± 112.7	40.7 (0.0–900.0) *	
Body mass index	Big city (>100,000)	99.4 ± 187.8	37.1 (0.0–1275.0) *	0.407
	Underweight	77.6 ± 127.9	30.2 (0.0–675.0) *	
	Proper body mass index	75.0 ± 130.9	38.3 (0.0–1650.0) *	
Age	Overweight or obese	90.2 ± 151.7	31.9 (0.0–900.0) *	0.666
	Older (>16 years old)	82.4 ± 142.6	34.9 (0.0–1650.0) *	
School	Younger (up to 16 years old)	74.9 ± 128.6	34.9 (0.0–1275.0) *	0.010
	Comprehensive	86.4 ± 134.6	43.0 (0.0–1200.0) *	
	Vocational	74.5 ± 136.3	29.0 (0.0–1650.0) *	

* non-parametric distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$).

The total fish (fish and fish products) intake of the participants and their female guardians, and the correlation between them is presented in Table 5. The total fish intake of female guardians was declared to be higher among those whose child was female than of those whose child was male (58.1 g vs. 47.1 g; $p = 0.009$) (the p -value is not presented in the table). Also, the intake of female guardians of participants from comprehensive schools was declared to be higher than those of those from vocational schools in the whole group (75.6 g vs. 46.5 g; $p < 0.001$), as well as in the subgroup of female (79.1 g vs. 47.7 g; $p < 0.001$) and male (65.1 g vs. 40.7 g; $p = 0.003$) participants. The intake of the female guardian and the intake of the child were correlated in the whole group, as well as in all subgroups ($p < 0.001$).

Table 5. The weekly total fish (fish and fish products) intake of the participants and their female guardians and the correlation between them.

Subgroups		Intake—Child, Grams/Week		Intake—Female Guardian, Grams/Week		Female Guardians' Intake Differences in Subgroups	Correlation Child—Female Guardian		
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)		<i>p</i>	R	<i>p</i>
All (female and male adolescents) (n = 1256)	Total	77.6 ± 131.8	34.9 (0.0–1650.0) *	107.2 ± 158.5	55.8 (0.0–1575.0) *	-	0.4563	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 630)	73.5 ± 122.0	34.9 (0.0–1275.0) *	101.6 ± 151.6	47.7 (0.0–1575.0) *	0.256	0.4442	<0.001
		Older (>16) (n = 626)	81.6 ± 140.9	34.9 (0.0–1650.0) *	113.0 ± 165.1	58.7 (0.0–1332.0) *		0.4675	<0.001
	School	Comprehensive (n = 451)	83.6 ± 121.4	43.0 (0.0–900.0) *	119.7 ± 151.4	75.6 (0.0–1575.0) *	<0.001	0.4795	<0.001
		Vocational (n = 805)	74.2 ± 137.2	26.7 (0.0–1650.0) *	100.3 ± 162.1	46.5 (0.0–1332.0) *		0.4361	<0.001
Female adolescents (n = 844)	Total	66.0 ± 107.6	32.0 (0.0–900.0) *	110.8 ± 149.3	58.1 (0.0–1275.0) *	-	0.4886	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 387)	60.6 ± 102.3	29.1 (0.0–900.0) *	104.9 ± 132.5	58.1 (0.0–750.0) *	0.995	0.4914	<0.001
		Older (>16 years old) (n = 457)	70.6 ± 111.8	33.1 (0.0–900.0) *	115.9 ± 162.1	60.5 (0.0–1275.0) *		0.4852	<0.001
	School	Comprehensive (n = 338)	75.1 ± 119.0	39.5 (0.0–900.0) *	122.4 ± 143.5	79.1 (0.0–787.5) *	0.001	0.5058	<0.001
		Vocational (n = 506)	60.0 ± 98.9	23.3 (0.0–900.0) *	103.1 ± 152.7	47.7 (0.0–1275.0) *		0.4642	<0.001
Male adolescents (n = 412)	Total	101.2 ± 168.7	46.5 (0.0–1650.0) *	99.8 ± 175.9	47.1 (0.0–1575.0) *	-	0.4358	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 243)	94.0 ± 146.1	45.3 (0.0–1275.0) *	96.3 ± 178.0	45.3 (0.0–1575.0) *	0.164	0.4200	<0.001
		Older (>16) (n = 169)	111.6 ± 196.7	49.3 (0.0–1650.0) *	105.0 ± 173.2	58.1 (0.0–1332.0) *		0.4479	<0.001
	School	Comprehensive (n = 113)	109.2 ± 125.4	74.4 (0.0–600.0) *	111.5 ± 173.1	65.1 (0.0–1575.0) *	0.003	0.4365	<0.001
Vocational (n = 299)		98.2 ± 182.5	39.5 (0.0–1650.0) *	95.4 ± 177.0	40.7 (0.0–1332.0) *	0.4280		<0.001	

* non-parametric distribution (verified using Shapiro–Wilk test; *p* ≤ 0.05).

Table 6 presents the weekly total fish (fish and fish products) intake of the participants and their male guardians and the correlation between them. Similarly to the case of the female guardians, the total fish intake of the male guardians was declared to be higher among those whose child was female than of those whose child was male (107.0 g vs. 93.0 g; $p = 0.012$) (the p -value is not presented in the table). Moreover, the intake of male guardians of participants from comprehensive schools was declared to be higher than of those from vocational schools in the whole group (125.6 g vs. 83.7 g; $p < 0.001$), as well as in the subgroup of female adolescents (119.1 g vs. 88.9 g; $p = 0.005$) and male adolescents (139.5 g vs. 65.1 g; $p < 0.001$). The intake of the male guardian and the intake of the child were correlated in the whole group, as well as in all subgroups ($p < 0.001$).

Table 7 presents the participants' weekly total fish (fish and fish products) intake, the number of points from the fish knowledge test that the participants received, and the correlation between them. The median number of points from the fish knowledge test in the whole group was 10.0, and it did not differ among female and male adolescents ($p = 0.136$) (the p -value is not presented in the table). However, older participants received more points than the younger ones in the whole studied group (11.0 points vs. 9.0 points; $p < 0.001$) and in the subgroup of female adolescents (11.0 points vs. 9.0 points; $p < 0.001$), but not in the subgroup of male adolescents ($p = 0.526$). Moreover, students from comprehensive schools received more points than those from vocational schools in the whole studied group (11.0 points vs. 9.0 points; $p < 0.001$), in the subgroup of female individuals (11.0 points vs. 9.0 points; $p < 0.001$) and in the subgroup of male individuals (11.0 points vs. 9.0 points; $p < 0.001$). There was a correlation between the weekly total fish intake of the participants and the number of points they received from the fish knowledge test in the whole studied group ($p < 0.001$), but not in all of the subgroups.

Table 8 presents the total fish (fish and fish products) intake in subgroups of participants stratified by the knowledge of the recommendation for children and adolescents to eat fish, as well as the recommended frequency of fish consumption. The intake was more than two times higher among students who knew that it is recommended that children and adolescents should eat fish (39.5 g vs. 18.6 g; $p < 0.001$) and also among those who knew that fish should be eaten more than once a week (58.1 g vs. 25.5 g; $p < 0.001$) compared to those who did not provide a correct answer to the analyzed statements.

The weekly total intake of fish (fish and fish products) in subgroups stratified by the specific fish species declared to be usually consumed by the participants is presented in Table 9. The total fish intake of participants who declared to usually consume cod, flounder, halibut, salmon, mackerel, pollock, silver hake, rainbow trout, sardine, pike, sprat, herring, and tuna was higher than that of those who declared to not usually consume these species. The biggest differences in fish intake were observed concerning consuming or not consuming salmon (3.5 times higher fish intake in the salmon-consuming group), cod, flounder, and rainbow trout (2.5 times higher fish intake in the consuming group), silver hake (2.4 times higher fish intake in the silver-hake-consuming group), and halibut and mackerel (2.3 times higher fish intake in the consuming group).

Table 6. The weekly total fish (fish and fish products) intake of the participants and their male guardians and the correlation between them.

Subgroups		Intake—Child, Grams/Week		Intake—Male Guardian, Grams/Week		Male Guardians’ Intake Differences in Subgroups	Correlation Child–Male Guardian		
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	<i>p</i>	R	<i>p</i>	
All (female and male adolescents) (n = 1029)	Total	76.4 ± 118.3	38.3 (0.0–1200.0) *	165.7 ± 213.7	102.3 (0.0–1800.0) *	–	0.4084	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 525)	74.1 ± 115.4	39.5 (0.0–1200.0) *	157.1 ± 192.8	101.7 (0.0–1140.0) *	0.423	0.4072	<0.001
		Older (>16) (n = 504)	78.9 ± 121.4	37.1 (0.0–833.2) *	174.7 ± 233.3	107.0 (0.0–1800.0) *		0.4070	<0.001
	School	Comprehensive (n = 380)	89.0 ± 135.7	44.7 (0.0–1200.0) *	180.8 ± 194.0	125.6 (0.0–1275.0) *	<0.001	0.4274	<0.001
		Vocational (n = 649)	69.1 ± 106.3	31.3 (0.0–840.0) *	156.9 ± 224.1	83.7 (0.0–1800.0) *		0.3913	<0.001
Female adolescents (n = 670)	Total	65.0 ± 100.8	32.0 (0.0–900.0) *	176.3 ± 223.5	107.0 (0.0–1410.0) *	–	0.3949	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 316)	58.6 ± 89.3	31.9 (0.0–900.0) *	164.9 ± 203.7	102.3 (0.0–1140.0) *	0.407	0.4136	<0.001
		Older (>16 years old) (n = 354)	70.8 ± 109.9	32.8 (0.0–750.0) *	186.5 ± 239.7	108.1 (0.0–1410.0) *		0.3745	<0.001
	School	Comprehensive (n = 282)	77.9 ± 121.8	41.9 (0.0–900.0) *	181.0 ± 199.1	119.1 (0.0–1275.0) *	0.005	0.4249	<0.001
		Vocational (n = 388)	55.7 ± 81.2	23.3 (0.0–555.0) *	173.0 ± 239.9	88.9 (0.0–1410.0) *		0.3650	<0.001
Male adolescents (n = 359)	Total	97.7 ± 143.2	52.3 (0.0–1200.0) *	145.9 ± 192.6	93.0 (0.0–1800.0) *	–	0.4626	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 209)	97.5 ± 143.4	51.1 (0.0–1200.0) *	145.2 ± 174.7	101.1 (0.0–1125.0) *	0.844	0.4316	<0.001
		Older (>16) (n = 150)	98.0 ± 143.4	57.5 (0.0–833.2) *	146.8 ± 215.6	87.5 (0.0–1800.0) *		0.5118	<0.001
	School	Comprehensive (n = 98)	120.9 ± 166.2	79.1 (0.0–1200.0) *	180.4 ± 179.3	139.5 (0.0–1125.0) *	<0.001	0.4265	<0.001
Vocational (n = 261)		89.0 ± 132.9	43.5 (0.0–840.0) *	132.9 ± 196.1	65.1 (0.0–1800.0) *	0.4648		<0.001	

* non-parametric distribution (verified using Shapiro–Wilk test; *p* ≤ 0.05).

Table 7. The participants' weekly total fish (fish and fish products) intake, the number of points from the fish knowledge test, and the correlation between them.

Subgroups		Fish Intake, Grams/Week		Fish Knowledge Test (Points, Max = 20)		Fish Knowledge Test Differences in Subgroups	Correlation Fish Intake–Fish Knowledge		
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	<i>p</i>	R	<i>p</i>	
All (female and male adolescents)	Total (n = 1317)	78.7 ± 135.8	34.9 (0.0–1650.0) *	9.5 ± 4.4	10.0 (0.0–20.0) *	–	0.1884	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 525)	74.9 ± 128.6	34.9 (0.0–1275.0) *	9.0 ± 4.4	9.0 (0.0–19.0) *	<0.001	0.4072	0.201
		Older (>16) (n = 504)	82.4 ± 142.6	34.9 (0.0–1650.0) *	9.9 ± 4.3	11.0 (0.0–20.0) *		0.4070	0.176
	School	Comprehensive (n = 380)	86.4 ± 134.6	43.0 (0.0–1200.0) *	10.6 ± 4.1	11.0 (0.0–19.0) *	<0.001	0.4274	0.181
		Vocational (n = 649)	74.5 ± 136.3	29.0 (0.0–1650.0) *	8.8 ± 4.4	9.0 (0.0–20.0) *		0.3913	0.180
Female adolescents	Total (n = 870)	65.8 ± 108.9	31.6 (0.0–900.0) *	9.7 ± 4.2	10.0 (0.0–20.0) *	–	0.1913	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 316)	59.4 ± 101.2	28.4 (0.0–900.0) *	9.0 ± 4.2	9.0 (0.0–19.0) *	<0.001	0.2178	<0.001
		Older (>16 years old) (n = 354)	71.2 ± 114.8	32.8 (0.0–900.0) *	10.2 ± 4.1	11.0 (0.0–20.0) *		0.1678	<0.001
	School	Comprehensive (n = 282)	76.2 ± 123.7	39.5 (0.0–900.0) *	10.6 ± 4.1	11.0 (0.0–19.0) *	<0.001	0.2064	<0.001
		Vocational (n = 388)	59.0 ± 97.5	23.3 (0.0–900.0) *	9.0 ± 4.1	9.0 (0.0–20.0) *		0.1584	<0.001
Male adolescents	Total (n = 447)	103.7 ± 174.3	46.5 (0.0–1650.0) *	9.1 ± 4.7	10.0 (0.0–20.0) *	–	0.2009	<0.001	
	Age	Younger (up to 16 years old) (n = 209)	98.8 ± 159.4	45.9 (0.0–1275.0) *	8.9 ± 4.7	10.0 (0.0–18.0) *	0.526	0.1803	0.004
		Older (>16) (n = 150)	110.3 ± 193.0	47.7 (0.0–1650.0) *	9.2 ± 4.8	10.0 (0.0–20.0) *		0.2267	0.002
	School	Comprehensive (n = 98)	116.0 ± 159.3	74.4 (0.0–1200.0) *	10.6 ± 4.0	11.0 (0.0–18.0) *	<0.001	0.1222	0.188
Vocational (n = 261)		99.2 ± 179.4	40.6 (0.0–1650.0) *	8.5 ± 4.8	9.0 (0.0–20.0) *	0.2214		<0.001	

* non-parametric distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$).

Table 8. Total weekly total fish (fish and fish products) intake in subgroups stratified by the knowledge of the recommendation for children and adolescents to eat fish, as well as the recommended frequency of fish.

Analyzed Knowledge of Fish Consumption Recommendations	Correctness of Answers	Intake, Grams/Week		p
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	
‘Children and adolescents should eat fish’	Correct answer (n = 991)	82.8 ± 129.5	39.5 (0.0–127.0) *	<0.001
	No correct answer (n = 326)	66.2 ± 152.9	18.6 (0.0–1650.0) *	
‘Fish should be eaten more than once a week’	Correct answer (n = 439)	113.2 ± 161.1	58.1 (0.0–1275.0) *	<0.001
	No correct answer (n = 878)	61.4 ± 117.6	25.5 (0.0–1650.0) *	

* non-parametric distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$).

Table 9. The weekly total fish (fish and fish products) intake in subgroups stratified by the specific fish species usually consumed by the participants.

Fish Species (n ^c /n ⁿ)	Total Fish Intake, Grams/Week				p
	Consuming the Given Fish Species		Not Consuming the Given Fish Species		
	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Salmon (590/727)	103.2 ± 137.5	56.9 (0.0–1275.0) *	58.7 ± 131.2	16.2 (0.0–1650.0) *	<0.001
Cod (410/907)	93.8 ± 114.5	58.1 (0.0–750.0) *	71.8 ± 143.9	23.2 (0.0–1650.0) *	<0.001
Mackerel (305/1012)	101.7 ± 129.9	58.1 (0.0–750.0) *	71.7 ± 136.9	25.5 (0.0–1650.0) *	<0.001
Herring (238/1079)	103.8 ± 135.7	58.1 (0.0–900.0) *	73.1 ± 135.3	29.0 (0.0–1650.0) *	<0.001
Tuna (207/1110)	93.8 ± 119.7	55.8 (0.0–750.0) *	75.8 ± 138.5	32.0 (0.0–1650.0) *	<0.001
Pollock (189/1128)	100.4 ± 144.8	51.1 (0.0–1200.0) *	75.0 ± 134.0	31.9 (0.0–1650.0) *	<0.001
Carp (137/1180)	78.7 ± 124.3	34.9 (0.0–900.0) *	78.7 ± 137.1	34.9 (0.0–1650.0) *	0.137
Rainbow trout (salmon trout) (75/1242)	141.0 ± 164.4	83.7 (0.0–840.0) *	74.9 ± 133.0	33.1 (0.0–1650.0) *	<0.001
Sprat (69/1248)	100.0 ± 165.7	46.5 (0.6–900.0) *	77.5 ± 133.9	34.8 (0.0–1650.0) *	0.006
Pangasius (basa) (66/1251)	52.5 ± 56.2	29.1 (0.0–270.0) *	80.0 ± 138.6	34.9 (0.0–1650.0) *	0.889
Pike (luce) (56/1261)	94.2 ± 126.0	55.2 (0.0–630.0) *	78.0 ± 136.2	34.9 (0.0–1650.0) *	0.035
Brook trout (54/1263)	99.6 ± 129.0	45.3 (0.1–525.0) *	77.8 ± 136.1	34.9 (0.0–1650.0) *	0.062
Zander (pikeperch) (49/1268)	59.9 ± 59.0	41.9 (0.0–339.8) *	79.4 ± 137.9	34.9 (0.0–1650.0) *	0.194
Halibut (46/1271)	92.4 ± 91.5	80.2 (0.0–450.0) *	78.2 ± 137.1	34.9 (0.0–1650.0) *	0.003
Gilt-head bream (32/1285)	117.1 ± 194.8	47.1 (0.0–808.0) *	77.7 ± 134.0	34.9 (0.0–1650.0) *	0.132
Flounder (29/1288)	98.8 ± 108.5	87.2 (0.5–450.0) *	78.2 ± 136.4	34.9 (0.0–1650.0) *	0.016
Sole (29/1288)	77.7 ± 83.2	43.0 (0.0–300.0) *	78.7 ± 136.8	34.9 (0.0–1650.0) *	0.137
Perch (28/1289)	131.8 ± 269.4	38.4 (0.0–1200.0) *	77.5 ± 131.4	34.9 (0.0–1650.0) *	0.272
Sardine (27/1290)	145.2 ± 217.5	44.1 (1.4–900.0) *	77.3 ± 133.3	34.9 (0.0–1650.0) *	0.049
Silver hake (23/1294)	147.3 ± 210.7	83.7 (0.0–808.0) *	77.4 ± 133.9	34.9 (0.0–1650.0) *	0.027
Eel (15/1302)	79.9 ± 96.9	47.7 (0.0–300.0) *	78.7 ± 136.2	34.9 (0.0–1650.0) *	0.615
Lemon sole (3/1314)	26.4 ± 45.6	0.0 (0.0–79.1) *	78.8 ± 135.9	34.9 (0.0–1650.0) *	0.200

n^c—the number of participants who declared to consume the given fish species; nⁿ—the number of participants who declared not to consume the given fish species; * non-parametric distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$).

4. Discussion

4.1. The Weekly Fish Intake

According to the present study, the median weekly intake of fish and fish products among Polish youth corresponds to 34.9 g. This is much lower than the average apparent consumption in Poland based on food balance sheets being 256 g/week (13.33 kg yearly) [47], but it also seems to be lower than according to household budget surveys, which state that the average fish and seafood intake is 65 g/week (280 g monthly) [48]. This might indicate that the fish intake is lower among Polish youth than in the whole Polish population. However, in the present study, only questions about fish and fish products in-

take were posed, not about other seafood, while the food balance sheets and the household budget surveys concern all—fish and other seafood.

What should be underscored, however, is that in the present study, a possible underestimation bias is possible due to poor memory or the fact that some dishes containing fish might not be recognized as sources of fish in diet (e.g., fish casseroles, wraps with smoked salmon, or fish soup). On the other hand, the method used to estimate fish consumption in the study, a kind of simple version of the food frequency questionnaire (FFQ), usually tends to overestimate food intake [49].

Nevertheless, other research also shows that low fish intake is more frequent in children and adolescents than in adults [50,51]. In the USA, in the years 2013–2016, one in five adults consumed seafood (including fish) at least two times per week, while among youth aged 2 to 19 years, it was observed in only one in eighteen [50]. The 2005–2010 National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) in the United Kingdom also indicated that the lowest fish consumption was observed among younger individuals [51]. Moreover, the German VeChi Youth Study indicated that the average fish intake in children and adolescents is often 0.0 g/day, even among omnivores [52].

Looking at the median fish consumption in the studied group, being 34.9 g/week, the fish intake among Polish youth needs to increase more than eight times to reach the recommended minimum fish intake of 300 g per week/capita [17,19]. However, more importantly, considering the proportion of individuals who do not reach the recommendations [17,19], 94% of Polish youth should increase their fish intake to at least 300 g weekly. Considering the two times lower threshold of the recommended weekly fish consumption, namely, 150 g [10,15], fish intake should be increased by 87% of participants to reach it.

4.2. Differences in Fish Intake Depending on Gender

In the present study, male adolescents consumed almost 50% more fish and fish products than female adolescents (46.5 g vs. 31.6 g weekly). This is very much in line with the results from the German EsKiMo study according to which boys also consumed 50% more than girls—the median weekly intake among boys was 42 g, while among girls 28 g [53]. The higher fish intake among males, even though many studies indicate that women often have healthier food choices than men [54–56], might be due to the fact that men simply consume bigger food portions [57,58] and more energy [59], but also more animal protein [60] than women.

Being an important source of essential nutrients such as vitamin D, iodine, selenium, and *n*-3 polyunsaturated fatty acids [6], fish and its consumption might play a role in reaching or not reaching their recommended intakes. Because the nutritional recommendations for the mentioned nutrients do not differ among genders [22], the results from the present study indicate that it might be easier for male youths to reach the recommendations owing to their higher fish consumption compared to females. It should also be noted, however, that even though in the present study the total fish intake was higher in male than in female participants, in both cases, it was very low.

4.3. Frequency of Fish Intake

The recommendation to consume fish at least 1–2 times a week [10,15] in the present study was followed by only 13.0% of participants, while 16.5% of them declared not to consume fish at all. Nevertheless, the majority (70.2%) declared to consume fish only occasionally—three times a month or less. In a study conducted among 4–6-graders from a primary school in a coastal city in Poland, 44.5% of the pupils claimed to consume fish 1–2 times per week, 26.2% not to consume fish at all, and 14.1% less than once per week [61]. In a group of Polish 17–18-year-old females, only 8.7% reported frequent (2 to 3 times per week) fish consumption, 49.1% of them reported consuming fish once per month, and 42.2% once per week [62]. Moreover, in another study among Polish young adults aged 20–26, nine percent of them declared to consume fish and fish products several times a week, 31.5% once a week, 53.5% three times a month or less, and 6% declared not to consume fish

at all. Interestingly, more men than women declared to consume them several times a week and once a week [55].

4.4. Fish Intake and Fish Knowledge

To increase fish intake, national educational campaigns concerning its benefits were introduced in Poland in the years 2008–2009 by the Ministry of Agriculture and Rural Development and were entitled ‘Fish affects everything’. According to the governmental data, an increase in fish and fish products intake was observed afterward—the annual mean fish intake in the year 2007 was 12.91 kg/person, while in the year 2008, it was 13.67 kg/person [63]. This is in line with the present study concerning the association between fish knowledge and fish intake. Adolescents who received more points from the fish knowledge test consumed more fish than their peers who received fewer points ($p < 0.001$). This was stated for the whole studied group as well as for almost all the analyzed subgroups. What might seem obvious is that older pupils’ knowledge was greater than the younger ones.

However, a less obvious observation was made concerning the type of school the participants attended. Those who attended comprehensive schools received more points than those from vocational schools. This is in line with the latest available data for the pass rate for the high school graduation exams in Poland, according to which 90% of pupils who attended comprehensive schools passed the exam, while in vocational schools in the same year, it was 79% [64]. This might indicate the fact that the level of education in Poland is on average higher in comprehensive schools compared to vocational schools, and the general education level probably influences the fish knowledge level. What should not be forgotten, however, is that the teaching in vocational schools focuses more on hands-on learning; hence, pupils from these schools are expected to have a wider knowledge concerning technical or professional issues.

What is more, when analyzing the two statements concerning fish consumption recommendations, it was stated that the median total fish intake was more than two times higher among those participants who knew that it is recommended that (1) children and adolescents should eat fish and that (2) fish should be eaten more than once a week. A recent intervention study from Indonesia indicated that nutritional education does increase fish consumption in children aged 10–12 [65], while a cross-sectional study from Italy and Croatia indicated that subjective knowledge concerning fish is an important predictor of fish consumption [66]. Similarly, according to the results from a consumer study conducted among adults living in Belgium, the Netherlands, Denmark, and Poland, subjective knowledge was a strong predictor of fish consumption [67]. Therefore, it can be supposed that nutritional education interventions aiming at improving adolescents’ knowledge of fish consumption and its benefits could also result in a higher fish intake in this vulnerable group.

4.5. Determinants of Fish Intake

Children’s food choices depend highly on their parents’ food habits and thus food availability at home [68], whereas in the adolescence period, when independence and time spent with peers increases, social norms of food choice start to be more important [69] and influence the youth’s food intake [70]. The relationship between what children and adolescents eat with what their parents/legal guardians consume was observed in the present study, in which a correlation was seen for both male and female guardians. Hence, it seems that children’s fish intake is determined by their parents’/legal guardians’ fish intake.

A crucial reason for this correlation might be fish accessibility at home. It is well known that food accessibility has a significant influence on its consumption when it comes to fruits and vegetables [71]; hence, it might also be one of the causes concerning fish. Another possible reason could be the extent of the early life exposure to fish and consequently developing a liking for fish or not developing it, which seems to be true for fruits [72]. Moreover, familiarity with fish might play a role in consuming or not consuming it. Having more

opportunities to taste unfamiliar foods results in increased liking and consumption [73]; hence, parents who themselves consume fish and provide opportunities for their offspring to consume it too, might, owing to this, increase their children's liking and consumption of fish.

It is well known that food behaviors at home as well as early-life experiences concerning food taste and flavors have a significant influence on children's future lives [74]. Other studies show a similar pattern concerning other food groups—providing fruit and vegetables at home and consuming fruit by the parents were associated with children's healthy food choices such as consumption of fruit, vegetables, and whole grain cereal. On the other hand, parenting patterns such as allowing unhealthy snacks, providing an abundance of unhealthy foods at home, and rewarding with snacks and screen time was correlated with children's higher consumption of snacks and fizzy drinks [68]. This highlights the importance of providing healthy, nutritious food products at home when the children are still small and can become accustomed to different tastes. Fish and fish products being consumed below the recommendations should be part of these food products.

Although it was hypothesized that other factors associated with fish intake in the youth would be their place of residence (region as well as the size of the locality), body mass index, and age, this was not the case in the studied group. Concerning the place of residence, Polish national household data on fish consumption indicate that while the average monthly consumption of fish and seafood in the whole country is 280 g/capita/month, for the different regions it varies from 210 g to 380 g [48]. This might indicate that there are regional differences in fish consumption. However, the data presented by Rogalińska et al. [48] do not specify whether the differences in fish consumption among the various regions are statistically significant or not. Moreover, it cannot be forgotten that household data do not take into consideration the fact that some of the purchased food is thrown away, or given to animals or guests, as well as that it is an average for all people living in a household, without differentiating that some of them might consume more than the others. In the UK National Diet and Nutrition Survey, which assessed oily fish intake across the lifespan, it was found that there was a substantial difference in fish intake between children, adolescents, and adults. While only 12.7% of children aged 4–11 and 13.2% of adolescents aged 12–19 were oily fish consumers, in the group of adults aged 30–39, the share was 26.5% [75]. This indicates that fish intake might increase with age, and therefore while the average fish and seafood consumption based on national household surveys is 280 g/capita/month [48], it is probably higher than that among older adults and lower among adolescents, who were surveyed in the present study.

When it comes to the size of the locality, some studies indicate that there is a correlation between the degree of urbanization and fish intake, as observed in the study by Klatka et al. [76], or that fish intake is higher in urban than in rural areas, as observed in the study by Petrenya [77]. However, although the study by Klatka et al. [76] concerned Polish adolescents and young adults aged 15–29 years old, only secondary data were used for the analyses, and the fish consumption data concerned the whole Polish population, which is not very precise. Moreover, an analysis of fish consumption drivers in different parts of the world found that while urbanization is an important fish consumption driver in poorer regions such as Africa and Bangladesh, it is not in others [78]. Therefore, the fact that in the present study, no differences in fish intake were observed concerning the size of the locality might result from the fact that Polish villages, and small, medium, and big cities do not differ from each other, which is the opposite to poorer parts of the world [78].

Surprisingly, in the present study, fish intake did not turn out to be associated with the participants' body mass index. Even though one might believe that due to the numerous health benefits of eating fish [6–9], higher fish intake might be connected to having a proper body mass index, the results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) showed neither a relation between higher fish intake and lower body mass [79], nor between higher fish intake and waist circumference [80]. In the present

study, another explanation of no differences might also simply be the fact that fish intake is in general very low among secondary school students.

Apart from gender, which cannot be influenced, the two main determinants were their parents'/legal guardians' fish intake and their knowledge of fish intake benefits and safety concerns. Since the fish intake of parents and legal guardians is challenging to alter, it seems to be crucial to focus on youth knowledge in the first place.

In light of the results of the present study showing that fish intake among Polish youth is below the recommendations and that it is determined by parents'/legal guardians' fish intake and the knowledge of fish consumption benefits and safety, and the indications that nutritional education can increase fish intake [63,65,81], more attention should be given to increasing the adolescents' knowledge of fish consumption benefits. It should be addressed especially to young adolescents who consume less fish than male adolescents, as well as those who attend vocational schools.

4.6. Fish Species Declared to Be Usually Consumed

Fish species that were the most commonly indicated, as well as discriminative for the total fish intake were salmon, cod, mackerel, herring, tuna, and pollock. Salmon, mackerel, and herring contain more than 10 g of fat in 100 g of fish [38], and thus are considered fatty (oily) fish, while cod, tuna, and pollock contain below 1.5 g of fat in 100 g [38], and are therefore considered lean (often called white) fish. Importantly, due to their higher *n*-3 fatty acids content, fatty fish are distinguished from the whole group of fish in numerous dietary recommendations [10,12,14,17].

In the present study, the most frequently chosen fish species was salmon (45% of participants declared to choose it), which, apart from containing significant amounts of *n*-3 fatty acids, also contains high amounts of vitamin D (13 µg/100 g) [38]. Moreover, what should be noted, salmon (wild and farmed) is one of the species containing very little mercury (≤ 0.1 µg/g) and very little-to-little dioxins (≤ 0.5 to 0.5–4 pg Toxic Equivalent (TEQ)/g depending on the type), and was classified to the first and first/second group, respectively, when it comes to the smallest content of those contaminants [82]. That is why the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations and the World Health Organization (WHO) recommended salmon as a fish species whose consumption has more benefits than risks [82]. Based on the above, it seems beneficial that, when consuming fish, many youths choose salmon, despite not reaching the recommended fish intake amounts.

4.7. Limitations of the Study

Although the conducted study presents novel observations, some limitations of the study should be listed. Firstly, the acquired data were self-reported for adolescents and proxy-reported for their parents/legal guardians and retrospective, which may provide less accurate data than, e.g., a dietary record. However, due to the nationwide design of the study, as well as the fact that the collected data concerned fish, which is often not consumed on a daily basis, using a different method (e.g., 24 h dietary recall or the 3-day dietary record) would not have been possible (but it would be valuable to assess the fish intake while comparing it with the total daily intake of other food products). So as to minimize the inaccuracy of the data, much attention was given to the thorough preparation of questions and additional clues (e.g., highlighting which type of fish is asked in a specific question), as well as providing fish and fish products pictures with the corresponding weight to aid in the accurate estimation of fish and fish products intake. Moreover, the influence of confounding variables was not taken into account in the analyses, and the study must be seen as a descriptive one.

Another limitation is that no questions were posed concerning the reasons for consuming or not consuming fish nor about being vegan or vegetarian, which might have enriched the results and helped establish recommendations for increasing fish consumption. However, making the questionnaire too long might have resulted in a lower response rate; hence, such questions were decided not to be asked. Last but not least, taking part in the

study was voluntary; therefore, despite aiming for representativeness, due to an insufficient response rate within the study, the gathered data do not come from a representative sample. Nevertheless, it succeeded in gathering data from all macroregions of Poland, and the analysis was performed for more than 1300 adolescents.

Considering the importance as well as the novelty of the results from the present study, it would be worthwhile to conduct similar studies in countries with different dietary patterns.

5. Conclusions

The median total fish consumption was 34.9 g/week, while 94% of participants did not meet the recommended fish intake of 300 g/week. Considering the two times lower threshold of 150 g/week, 87% of participants did not reach it. The fish consumption among males was higher than among females, and pupils from comprehensive schools reported higher intakes than those from vocational schools. The two main factors determining the participants' total fish intake were their knowledge of fish intake benefits and safety concerns, and their parents' /legal guardians' fish consumption. Nutritional education considering fish consumption benefits and recommendations is needed to increase fish intake in the vulnerable group of Polish youth.

Author Contributions: Conceptualization, Z.U.-K. and D.G.; methodology, Z.U.-K. and D.G.; investigation, Z.U.-K.; data curation, Z.U.-K.; statistical analysis, Z.U.-K. and D.G.; writing—original draft preparation, Z.U.-K. and D.S.; writing—review and editing, Z.U.-K., D.S. and D.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the Polish Ministry of Education and Science with the funds of the Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS), for scientific research.

Institutional Review Board Statement: The study was carried out in accordance with the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki, and all procedures involving human subjects received the approval of the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (2/2021, 20 January 2021).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy.

Acknowledgments: We would like to thank Johannes Utri for helping us prepare the Visual Abstract of the manuscript and Aleksandra Walińska for proofreading the article.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Best, O.; Ban, S. Adolescence: Physical changes and neurological development. *Br. J. Nurs.* **2021**, *30*, 272–275. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Lassi, Z.; Moin, A.; Bhutta, Z. Nutrition in Middle Childhood and Adolescence. In *Child and Adolescent Health and Development*, 3rd ed.; Bundy, D.A.P., Silva, N.D., Horton, S., Patton, G.C., Schultz, L., Jamison, D.T., Eds.; The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank: Washington, DC, USA, 2017; Chapter 11. [[CrossRef](#)]
3. Min, S.-K.; Oh, T.; Kim, S.H.; Cho, J.; Chung, H.Y.; Park, D.-H.; Kim, C.-S. Position Statement: Exercise Guidelines to Increase Peak Bone Mass in Adolescents. *J. Bone Metab.* **2019**, *26*, 225–239. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Norris, S.A.; Frongillo, E.A.; Black, M.M.; Dong, Y.; Fall, C.; Lampl, M.; Liese, A.D.; Naguib, M.; Prentice, A.; Rochat, T.; et al. Nutrition in adolescent growth and development. *Lancet* **2022**, *399*, 172–184. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Soliman, A.T.; Alaaraj, N.; Alyafei, F.; Ahmed, S.; Shaat, M.; Itani, M.; Elalaily, R.; Soliman, N. Review Nutritional interventions during adolescence and their possible effects. *Acta Biomed.* **2022**, *93*, 2022087. [[CrossRef](#)]
6. Mendivil, C.O. Fish Consumption: A Review of Its Effects on Metabolic and Hormonal Health. *Nutr. Metab. Insights* **2021**, *14*, 11786388211022378. [[CrossRef](#)]
7. Zhao, H.; Wang, M.; Peng, X.; Zhong, L.; Liu, X.; Shi, Y.; Li, Y.; Chen, Y.; Tang, S. Fish consumption in multiple health outcomes: An umbrella review of meta-analyses of observational and clinical studies. *Ann. Transl. Med.* **2023**, *11*, 152. [[CrossRef](#)]
8. Jayedi, A.; Shab-Bidar, S. Fish Consumption and the Risk of Chronic Disease: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Prospective Cohort Studies. *Adv. Nutr.* **2020**, *11*, 1123–1133. [[CrossRef](#)]

9. Lehner, A.; Staub, K.; Aldakak, L.; Eppenberger, P.; Rühli, F.; Martin, R.D.; Bender, N. Fish consumption is associated with school performance in children in a non-linear way: Results from the German cohort study KiGGS. *Evol. Med. Public Health* **2020**, *2020*, 2. [CrossRef]
10. Austria's Public Healthcare Portal. Nutrition Pyramid—Meat, Fish and Eggs. [In German: Ernährungspyramide—Fleisch, Fisch und Eier. Gesundheitsportal]. Available online: <https://www.gesundheit.gv.at/leben/ernaehrung/info/oesterreichische-ernaehrungspyramide/ernaehrungspyramide-fleisch-fisch-eier.html> (accessed on 2 November 2023).
11. The German Nutrition Society (DGE). Eat and Drink Nutritious Foods According to the 10 Rules of the DGE. [In German: Vollwertig Essen und Trinken Nach den 10 Regeln der DGE]. Available online: <https://www.dge.de/gesunde-ernaehrung/dge-ernaehrungsempfehlungen/10-regeln/#c2384> (accessed on 2 November 2023).
12. United Kingdom National Health Service. Fish and Shellfish. Available online: <https://www.nhs.uk/live-well/eat-well/food-types/fish-and-shellfish-nutrition/> (accessed on 2 November 2023).
13. American Heart Association. Fish and Omega-3 Fatty Acids. Available online: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/fats/fish-and-omega-3-fatty-acids> (accessed on 2 November 2023).
14. National Center for Nutrition Education. Pyramid of Healthy Nutrition and Physical Activity for Adults [In Polish: Piramida Zdrowego Żywienia i Aktywności Fizycznej dla osób Dorosłych]. Available online: <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/piramida-zdrowego-zywienia-i-aktywnosci-fizycznej-dla-osob-doroslych/> (accessed on 19 January 2024).
15. Austrian Health Insurance Company. Dietary Recommendations for Children [In German: Ernährungsempfehlungen für Kinder]. Available online: <https://www.gesundheitskasse.at/cdscontent/load?contentid=10008.688434&version=1576504594> (accessed on 2 November 2023).
16. Food and Drug Administration. Questions & Answers from the FDA/EPA Advice about Eating Fish for Those Who Might Become or Are Pregnant or Breastfeeding and Children Ages 1 to 11 Years. Available online: <https://www.fda.gov/food/consumers/questions-answers-fdaepa-advice-about-eating-fish-those-who-might-become-or-are-pregnant-or#III> (accessed on 2 November 2023).
17. National Center for Nutrition Education. Pyramid of Healthy Nutrition and Physical Activity for Children and Adolescents [In Polish: Piramida Zdrowego Żywienia i Stylu Życia Dzieci i Młodzieży]. Available online: <https://ncez.pzh.gov.pl/dzieci-i-mlodziez/piramida-zdrowego-zywienia-i-stylu-zycia-dzieci-i-mlodziezy-2/> (accessed on 31 October 2023).
18. WHO. Nutrition and Food Safety. Preparation and Use of Food-Based Dietary Guidelines: Report of a Joint FAO/WHO Con-Sultation. 1998. Available online: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42051/WHO_TRS_880.pdf?sequence=1 (accessed on 4 December 2023).
19. National Center for Nutrition Education. Check How Many Portions You Can Eat in a Day [In Polish: Sprawdź, ile porcji różnych produktów możesz zjeść w ciągu dnia]. Available online: <https://ncez.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2021/03/ile-porcji-produktow-mozesz-zjesc-w-ciagu-dnia.pdf> (accessed on 30 November 2023).
20. De Roos, B.; Sneddon, A.A.; Sprague, M.; Horgan, G.W.; Brouwer, I.A. The potential impact of compositional changes in farmed fish on its health-giving properties: Is it time to reconsider current dietary recommendations? *Public Health Nutr.* **2017**, *20*, 2042–2049. [CrossRef]
21. Micha, R.; Khatibzadeh, S.; Shi, P.; Fahimi, S.; Lim, S.; Andrews, K.G.; Engell, R.E.; Powles, J.; Ezzati, M.; Mozaffarian, D.; et al. Global, regional, and national consumption levels of dietary fats and oils in 1990 and 2010: A systematic analysis including 266 country-specific nutrition surveys. *BMJ* **2014**, *348*, g2272. [CrossRef]
22. Jarosz, M.; Rychlik, E.; Stoś, K.; Charzewska, J. *Normy Żywienia dla Populacji Polski i ich Zastosowanie*; Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego—Państwowy Zakład Higieny: Warszawa, Poland, 2020; Available online: <https://ncez.pl/abc-zywienia/zasady-zdrowego-zywienia/normy-zywienia-2020> (accessed on 21 January 2021).
23. EUMOFA—European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture. *The EU Fish Market 2023 Edition*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2023; Available online: https://eumofa.eu/documents/20124/35668/EFM2023_EN.pdf/95612366-79d2-a4d1-218b-8089c8e7508c?t=1699541180521 (accessed on 17 June 2023). [CrossRef]
24. Sekula, W.; Nelson, M.; Figurska, K.; Oltarzewski, M.; Weisell, R.; Szponar, L. Comparison between household budget survey and 24-hour recall data in a nationally representative sample of Polish households. *Public Health Nutr.* **2005**, *8*, 430–439. [CrossRef]
25. Welch, A.; Lund, E.; Amiano, P.; Dorransoro, M.; Brustad, M.; Kumle, M.; Rodriguez, M.; Lasheras, C.; Janzon, L.; Jansson, J.; et al. Variability of fish consumption within the 10 European countries participating in the European Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Public Health Nutr.* **2002**, *5*, 1273–1285. [CrossRef] [PubMed]
26. Contento, I.R.; Williams, S.S.; Michela, J.L.; Franklin, A.B. Understanding the food choice process of adolescents in the context of family and friends. *J. Adolesc. Health* **2006**, *38*, 575–582. [CrossRef]
27. Gherasim, A.; Arhire, L.I.; Niță, O.; Popa, A.D.; Graur, M.; Mihalache, L. The relationship between lifestyle components and dietary patterns. *Proc. Nutr. Soc.* **2020**, *79*, 311–323. [CrossRef]
28. Harty, P.; McCarthy, S.N.; Kearney, J.M.; Gibney, M.J. Relationship between attitudes towards healthy eating and dietary behaviour, lifestyle and demographic factors in a representative sample of Irish adults. *Appetite* **2007**, *48*, 1–11. [CrossRef]
29. Liu, K.S.N.; Chen, J.Y.; Ng, M.Y.C.; Yeung, M.H.Y.; Bedford, L.E.; Lam, C.L.K. How Does the Family Influence Adolescent Eating Habits in Terms of Knowledge, Attitudes and Practices? A Global Systematic Review of Qualitative Studies. *Nutrients* **2021**, *13*, 3717. [CrossRef]

30. Cartmill, M.K.; Blackmore, I.; Sarange, C.; Mbeyu, R.; Cheupe, C.; Cheupe, J.; Kamau-Mbuthia, E.; Iannotti, L.; Wamukota, A.; Humphries, A.; et al. Fish and complementary feeding practices for young children: Qualitative research findings from coastal Kenya. *PLoS ONE* **2022**, *17*, e0265310. [CrossRef] [PubMed]
31. McManus, A.; Burns, S.K.; Howat, P.A.; Cooper, L.; Fielder, L. Factors influencing the consumption of seafood among young children in Perth: A qualitative study. *BMC Public Health* **2007**, *7*, 119. [CrossRef]
32. Statistics Poland. Education Enrollment Data for 2020. Available online: <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat> (accessed on 19 January 2023).
33. Register of Schools and Educational Institutions in Poland [In Polish: Rejestr Szkół i Placówek Oświatowych]. Available online: <https://rspo.gov.pl/> (accessed on 9 November 2022).
34. Statistics Poland. The NUTS Classification in Poland. Available online: <https://stat.gov.pl/en/regional-statistics/classification-of-territorial-units/classification-of-territorial-units-for-statistics-nuts/the-nuts-classification-in-poland/> (accessed on 2 March 2023).
35. Głabska, D.; Skolmowska, D.; Guzek, D. Population-based study of the changes in the food choice determinants of secondary school students: Polish Adolescents' COVID-19 Experience (PLACE-19) Study. *Nutrients* **2020**, *12*, 2640. [CrossRef] [PubMed]
36. Bashour, H.N. Survey of dietary habits of in-school adolescents in Damascus, Syrian Arab Republic. *East. Mediterr. Health J.* **2004**, *10*, 853–862. [CrossRef]
37. Dahl, L.; Mæland, C.A.; Bjørkkjær, T. A short food frequency questionnaire to assess intake of seafood and n-3 supplements: Validation with biomarkers. *Nutr. J.* **2011**, *10*, 127. [CrossRef]
38. Kunachowicz, H.; Przygoda, B.; Nadolna, I.; Iwanow, K. *Tabele Składu i Wartości Odżywczej Żywności*; Wydawnictwo Lekarskie PZWL: Warszawa, Poland, 2017.
39. Burger, J.; Gochfeld, M. Knowledge about fish consumption advisories: A risk communication failure within a university population. *Sci. Total. Environ.* **2008**, *390*, 346–354. [CrossRef]
40. Utri-Khodadady, Z.; Głabska, D. Analysis of fish-consumption benefits and safety knowledge in a population-based sample of Polish adolescents. *Nutrients* **2023**, *15*, 4902. [CrossRef]
41. Mishra, P.; Pandey, C.; Singh, U.; Gupta, A.; Sahu, C.; Keshri, A. Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Ann. Card. Anaesth.* **2019**, *22*, 67. [CrossRef]
42. Reale, C.; Invernizzi, F.; Panteghini, C.; Garavaglia, B. Genetics, sex, and gender. *J. Neurosci. Res.* **2023**, *101*, 553–562. [CrossRef]
43. World Health Organization. Body Mass Index—BMI. A Healthy Lifestyle—WHO Recommendations (Published on 6 May 2010). Available online: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations> (accessed on 24 April 2023).
44. Percentile Calculator for Polish Children and Adolescents—OLAF. Available online: http://olaf.czd.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=103:kalkulator (accessed on 11 May 2022).
45. De Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667. [CrossRef]
46. Hausman-Czerwińska, J.; Brzostowska, M.; Jelińska-Hryniewicz, J.; Król, K.; Moskalewicz, M.; Piórkowska, I.; Poświata, J. *Regions of Poland 2022*; Zakład Wydawnictw Statystycznych: Warszawa, Poland, 2022. Available online: <https://stat.gov.pl/en/topics/other-studies/cities-voivodship/regions-of-poland-2022,5,16.html> (accessed on 24 May 2022).
47. EUMOFA—European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture. *The EU Fish Market 2022 Edition*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2022; Available online: https://eumofa.eu/documents/20124/35731/EFM2022_EN.pdf/5dbc9b7d-b87c-a897-5a3f-723b369fab08?t=1669739251587 (accessed on 17 June 2023). [CrossRef]
48. Rogalińska, D.; Brzostowska, M.; Hausman-Czerwińska, J.; Jelińska-Hryniewicz, J.; Król, K.; Moskalewicz, M.; Piórkowska, I.; Poświata, J. Households. Dwellings. In *Statistical Yearbook of the Regions—Poland*; Statistics Poland: Warsaw, Poland, 2022; p. 64.
49. Kowalkowska, J.; Slowinska, M.A.; Slowinski, D.; Dlugosz, A.; Niedzwiedzka, E.; Wadolowska, L. Comparison of a full food-frequency questionnaire with the three-day unweighted food records in young Polish adult women: Implications for dietary assessment. *Nutrients* **2013**, *5*, 2747–2776. [CrossRef]
50. Terry, A.L.; Herrick, K.A.; Afful, J.; Ahluwalia, N. Seafood Consumption in the United States, 2013–2016. *NCHS Data Brief.* **2018**, *321*, 1–8.
51. Jahns, L.; Ratz, S.K.; Johnson, L.K.; Kranz, S.; Silverstein, J.T.; Picklo, M.J. Intake of seafood in the US varies by age, income, and education level but not by race-ethnicity. *Nutrients* **2014**, *6*, 6060–6075. [CrossRef] [PubMed]
52. Alexy, U.; Fischer, M.; Weder, S.; Längler, A.; Michalsen, A.; Keller, M. Food group intake of children and adolescents (6–18 years) on a vegetarian, vegan or omnivore diet: Results of the VeChi Youth Study. *Br. J. Nutr.* **2022**, *128*, 851–862. [CrossRef] [PubMed]
53. Brettschneider, A.-K.; Lage Barbosa, C.; Haftenberger, M.; Lehmann, F.; Mensink, G.B.M. Adherence to food-based dietary guidelines among adolescents in Germany according to socio-economic status and region: Results from Eating Study as a KiGGS Module (EsKiMo) II. *Public Health Nutr.* **2021**, *24*, 1216–1228. [CrossRef]
54. Westenhoefer, J. Age and gender dependent profile of food choice. *Forum Nutr.* **2005**, *57*, 44–51. [CrossRef]
55. Gil, M.; Rudy, M.; Stanisławczyk, R.; Duma-Kocan, P.; Żurek, J. Gender Differences in Eating Habits of Polish Young Adults Aged 20–26. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 15280. [CrossRef] [PubMed]
56. Wardle, J.; Haase, A.M.; Steptoe, A.; Nillapun, M.; Jonwutiwes, K.; Bellis, F. Gender differences in food choice: The contribution of health beliefs and dieting. *Ann. Behav. Med.* **2004**, *27*, 107–116. [CrossRef] [PubMed]

57. Duszka, K.; Hechenberger, M.; Dolak, I.; Kobiljak, D.; König, J. Gender, age, hunger, and body mass index as factors influencing portion size estimation and ideal portion sizes. *Front. Psychol.* **2022**, *13*, 873835. [CrossRef] [PubMed]
58. Brunstrom, J.M.; Rogers, P.J.; Pothos, E.M.; Calitri, R.; Tapper, K. Estimating everyday portion size using a 'method of constant stimuli': In a student sample, portion size is predicted by gender, dietary behaviour, and hunger, but not BMI. *Appetite* **2008**, *51*, 296–301. [CrossRef] [PubMed]
59. Rolls, B.J.; Fedoroff, I.C.; Guthrie, J.F. Gender differences in eating behavior and body weight regulation. *Health Psychol.* **1991**, *10*, 133–142. [CrossRef]
60. Alkazemi, D. Gender differences in weight status, dietary habits, and health attitudes among college students in Kuwait: A cross-sectional study. *Nutr. Health* **2019**, *25*, 75–84. [CrossRef] [PubMed]
61. Dymkowska-Malesa, M.; Walczak, Z.; Zakrzewski, J. Evaluation of the level of fish consumption among students in grades 4–6 of primary schools in Koszalin. *Probl. Hig. Epidemiol.* **2014**, *95*, 182–185.
62. Przysławski, J.; Stelmach, M.; Grygiel-Górniak, B.; Mardas, M.; Walkowiak, J. Dietary habits and nutritional status of female adolescents from the Great Poland region. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* **2011**, *61*, 73–78. [CrossRef]
63. Parliament of the Republic of Poland. Response from the Undersecretary of the Ministry of Agriculture and Rural Development [In Polish] (Published on 22 May 2014). Available online: <https://www.sejm.gov.pl/Sejm7.nsf/InterpelacjaTresc.xsp?key=4210420B> (accessed on 19 May 2023).
64. Auksztoła, J.; Miszke, T.; Pokrywka, K.; Raciniewska, M.; Rybicka, K.; Wiktor, M.; Zielińska, H.; Żochowska, A. Egzamin maturalny. In *Education in the 2018/2019 School Year*; Statistics Poland: Gdańsk, Poland, 2019; p. 62. (In Polish)
65. Mahmudiono, T.; Nindya, T.S.; Rachmah, Q.; Segalita, C.; Wiradnyani, L.A.A. Nutrition education intervention increases fish consumption among school children in indonesia: Results from behavioral based randomized control trial. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 6970. [CrossRef] [PubMed]
66. Krešić, G.; Dujmić, E.; Lončarić, D.; Zrnčić, S.; Liović, N.; Pleadin, J. Fish Consumption: Influence of Knowledge, Product Information, and Satisfaction with Product Attributes. *Nutrients* **2022**, *14*, 2691. [CrossRef] [PubMed]
67. Pieniak, Z.; Verbeke, W.; Scholderer, J. Health-related beliefs and consumer knowledge as determinants of fish consumption. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2010**, *23*, 480–488. [CrossRef] [PubMed]
68. Zannidi, D.; Karatzi, K.; Karaglani, E.; Liatis, S.; Cardon, G.; Iotova, V.; Tsochev, K.; Chakarova, N.; Moreno, L.A.; Flores-Barrantes, P.; et al. Children's food choices are highly dependent on patterns of parenting practices and food availability at home in families at high risk for type 2 diabetes in Europe: Cross-sectional results from the Feel4Diabetes study. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2023**, *36*, 62–74. [CrossRef] [PubMed]
69. Daly, A.N.; O'Sullivan, E.J.; Kearney, J.M. Considerations for health and food choice in adolescents. *Proc. Nutr. Soc.* **2022**, *81*, 75–86. [CrossRef]
70. Ragelienė, T.; Grønhøj, A. The influence of peers' and siblings' on children's and adolescents' healthy eating behavior. A systematic literature review. *Appetite* **2020**, *148*, 104592. [CrossRef]
71. Yee, A.Z.; Lwin, M.O.; Ho, S.S. The influence of parental practices on child promotive and preventive food consumption behaviors: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 47. [CrossRef]
72. Groele, B.; Głabaska, D.; Gutkowska, K.; Guzek, D. Mother's fruit preferences and consumption support similar attitudes and behaviors in their children. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 2833. [CrossRef]
73. Cooke, L. The importance of exposure for healthy eating in childhood: A review. *J. Hum. Nutr. Diet.* **2007**, *20*, 294–301. [CrossRef]
74. Scaglioni, S.; De Cosmi, V.; Ciappolino, V.; Parazzini, F.; Brambilla, P.; Agostoni, C. Factors influencing children's eating behaviours. *Nutrients* **2018**, *10*, 706. [CrossRef]
75. Derbyshire, E. Oily fish and omega-3s across the life stages: A focus on intakes and future directions. *Front. Nutr.* **2019**, *6*, 165. [CrossRef] [PubMed]
76. Klatka, M.; Zienkiewicz, E.; Kołataj, W.; Zienkiewicz, T.; Kołataj, B. Socio-economic development, level of urbanization and consumption of selected food products as factors in the prevalence of overweight and obesity among youths and young adults in Poland. *Ann. Agric. Environ. Med.* **2020**, *27*, 139–145. [CrossRef] [PubMed]
77. Petrenya, N.; Dobrodeeva, L.; Brustad, M.; Bichkaeva, F.; Menshikova, E.; Lutfaliev, G.; Poletaeva, A.; Repina, V.; Cooper, M.; Odland, J.Ø. Fish consumption and socio-economic factors among residents of Arkhangelsk city and the rural Nenets autonomous area. *Int. J. Circumpolar Health* **2011**, *70*, 46–58. [CrossRef] [PubMed]
78. Issifu, I.; Deffor, E.W.; Deyshappriya, N.P.R.; Dahmouni, I.; Sumaila, U.R. Drivers of seafood consumption at different geographical scales. *J. Sustain. Res.* **2022**, *4*, e220012. [CrossRef]
79. Jakobsen, M.U.; Dethlefsen, C.; Due, K.M.; May, A.M.; Romaguera, D.; Vergnaud, A.-C.; Norat, T.; Sørensen, T.I.A.; Halkjær, J.; Tjønneland, A.; et al. Fish consumption and subsequent change in body weight in European women and men. *Br. J. Nutr.* **2013**, *109*, 353–362. [CrossRef] [PubMed]
80. Jakobsen, M.U.; Due, K.M.; Dethlefsen, C.; Halkjaer, J.; Holst, C.; Forouhi, N.G.; Tjønneland, A.; Boeing, H.; Buijsse, B.; Palli, D.; et al. Fish consumption does not prevent increase in waist circumference in European women and men. *Br. J. Nutr.* **2012**, *108*, 924–931. [CrossRef]

81. Clonan, A.; Holdsworth, M.; Swift, J.A.; Leibovici, D.; Wilson, P. The dilemma of healthy eating and environmental sustainability: The case of fish. *Public Health Nutr.* **2012**, *15*, 277–284. [[CrossRef](#)]
82. FAO/WHO. *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption: Rome, 25–29 January 2010*; FAO/WHO: Rome, Italy, 2011; Available online: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44666/9789241564311_eng.pdf (accessed on 12 December 2023).

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Warszawa, 11.09.2025

Zofia Utri-Khodadady

zofia_utri@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

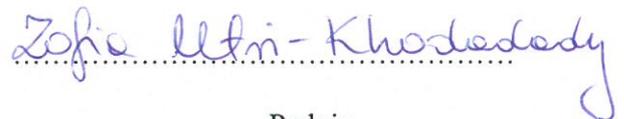
Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Skolmowska D, Głabska D. **Determinants of fish intake and complying with fish consumption recommendations – A nationwide cross-sectional study among secondary school students in Poland.** *Nutrients.* 2024; 16(6): 853

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania, przeprowadzeniu badania, zarządzaniu danymi, analizie statystycznej danych, przygotowaniu manuskryptu (wiodący udział) oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu (wiodący udział),

co stanowi **ok. 65%** całej pracy.



Podpis

Warszawa, 15.09.2025

Dominika Skolmowska

dominika_skolmowska@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Skolmowska D, Głabska D. **Determinants of fish intake and complying with fish consumption recommendations – A nationwide cross-sectional study among secondary school students in Poland.** *Nutrients*. 2024; 16(6): 853

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

przygotowaniu manuskryptu oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu,

co stanowi **ok. 20%** całej pracy.

D. Skolmowska

Podpis

Warszawa, 11.09.2025

Dominika Głabska

dominika_glabska@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Główniej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Skolmowska D, Głabska D. **Determinants of fish intake and complying with fish consumption recommendations – A nationwide cross-sectional study among secondary school students in Poland.** *Nutrients.* 2024; 16(6): 853

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania, analizie statystycznej danych oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu,

co stanowi **ok. 15%** całej pracy.



Podpis

Article

Effect of Consuming Salmon Products on Vitamin D Status of Young Caucasian Women in Autumn—A Randomized 8-Week Dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) Intervention Study

Zofia Utri-Khodadady ¹, Dominika Głabska ^{1,*} and Dominika Guzek ²

¹ Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), 159C Nowoursynowska Street, 02-776 Warsaw, Poland; zofia_utri@sggw.edu.pl

² Department of Food Market and Consumer Research, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), 159C Nowoursynowska Street, 02-776 Warsaw, Poland; dominika_guzek@sggw.edu.pl

* Correspondence: dominika_glabska@sggw.edu.pl; Tel.: +48-22-593-71-26

Abstract: Background/Objectives: Young women are often at risk of vitamin D deficiency, while fatty fish can provide significant amounts of it, which is especially important when no vitamin D skin synthesis is possible due to limited sunshine exposure. This study aimed to analyze the impact of increasing the intake of salmon in various forms (smoked salmon, salmon sausages) on vitamin D status of young women in autumn. Methods: The 8-week intervention involved 120 non-obese women, aged 20–25 years. Participants were randomly assigned to one of three groups: smoked salmon (25 g/day), salmon sausage (100 g/day), or a control group. Both intervention products provided approximately 5 µg of vitamin D daily. Serum concentrations of 25(OH)D as well as vitamin D intakes were assessed pre-, mid-, and post-intervention. Results: The median vitamin D intake at baseline was 2.7–3.4 µg/day and did not differ between the groups ($p > 0.05$), while during the intervention, it was highest in the smoked salmon group ($p < 0.001$) and amounted to 7.3 µg/day. While all groups experienced a decrease in 25(OH)D serum concentrations, the decrease was significantly smaller in the salmon sausage group compared to the control group (−4.3 vs. −15.0 nmol/L, $p < 0.05$), and no significant difference was observed between the smoked salmon and control group after 8 weeks ($p > 0.05$). Moreover, in the salmon sausage group, the intervention was more effective among participants with an inadequate vitamin D status at baseline (25(OH)D change after the intervention: −3.0 vs. −5.4 nmol/L, $p < 0.05$; inadequate vs. adequate baseline vitamin D status). Conclusions: Increasing the intake of salmon, and hence of vitamin D, was not enough to maintain the vitamin D status of young women in autumn. It seems that other, not-yet-fully-understood factors, may influence vitamin D absorption and/or metabolism, thereby affecting the outcomes of such interventions indicating that further research is needed. Nevertheless, it may be concluded that increasing salmon sausage intake might aid slow down the natural decline of 25(OH)D in young women in autumn.

Keywords: vitamin D deficiency; 25(OH)D; salmon sausage; smoked salmon; *Salmo salar*; fish intake; fish intervention; vitamin D bioavailability



Citation: Utri-Khodadady, Z.; Głabska, D.; Guzek, D. Effect of Consuming Salmon Products on Vitamin D Status of Young Caucasian Women in Autumn—A Randomized 8-Week Dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) Intervention Study. *Nutrients* **2024**, *16*, 3565. <https://doi.org/10.3390/nu16203565>

Academic Editor: Jose M. Miranda

Received: 26 September 2024

Revised: 15 October 2024

Accepted: 17 October 2024

Published: 21 October 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Vitamin D is a multipotential nutrient that is proven to be effective in the treatment and prevention of numerous diseases and conditions [1]. Above all, it promotes calcium and phosphorus absorption in the gut ensuring their adequate concentrations are maintained. As a result, it is essential for the growth and remodeling of osteoblasts and osteoclasts [2], leading to a positive correlation between vitamin D status and bone health, as stated in a meta-analysis by Segheto et al. [3]. Other recent meta-analyses indicate that several diseases can be alleviated or prevented with vitamin D supplementation, including type 2

diabetes [4], cancer [5], depression [6], COVID-19 [7], and acute respiratory infections [8]. Therefore, vitamin D can be used as a dietary-based prevention and treatment means.

The main source of vitamin D for humans is the skin synthesis of cholecalciferol from 7-dehydrocholesterol which is a result of UVB radiation (290–320 nm) during sun exposure [9]. However, it is highly dependent on the latitude, the season, and the time of the day, which results in the fact that in countries located in a moderate climate, vitamin D skin synthesis is possible only from April to October [10]. The other vitamin D sources are dietary. It naturally occurs in fish, eggs, some mushrooms, meat, milk and milk products, but it is also added to food products during production and can hence be found in fortified foods such as margarine or breakfast cereals [11]. What should be underlined, however, is that the best (concerning the amount of vitamin D and the serving size ratio) dietary vitamin D source seems to be fish [12]. Nevertheless, the vitamin D content varies significantly depending on the species—while it can amount to high levels such as in the case of eel (*Anguilla anguilla*)—30 µg/100 g, herring (*Clupea harengus*)—19 µg/100 g or salmon (*Salmo salar*)—13 µg/100 g, other fish species such as cod (*Gadus morhua*) or flounder (*Platichthys flesus*) contain almost no vitamin D (1.0 µg/100 g and 0.8 µg/100 g, respectively) [12].

Importantly, while it is often stated that improper vitamin D status is a global problem [13], there is no consensus on the definition of vitamin deficiency. While some authorities, such as the United States (US) National Institute of Health [14] and the United Kingdom Royal Osteoporosis Society, define it as a 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D) serum concentration lower than 30 nmol/L (12 ng/mL) [15], others, such as the European Food Safety Authority (EFSA) [16] and the joint expert panel responsible for the Polish recommendations, indicate a higher threshold—namely 25(OH)D serum concentration lower than 50 nmol/L (20 ng/mL) [17]. Therefore, depending on the threshold used in analyses, the prevalence of vitamin D deficiency in a population varies greatly. For instance, the prevalence of vitamin D deficiency based on data from 14 European countries was 13% considering the threshold of 30 nmol/L, and 40.4% for the 50 nmol/L threshold [18]. What should be underscored, however, is that the prevalence of vitamin D deficiency appears to be even higher among young European women [19,20]. Poland is not an exception, as 22% of females were found to have their vitamin D levels lower than 25 nmol/L [21].

To combat vitamin D insufficiency, some recommendations include supplementing the diet with vitamin D supplements throughout the entire year [17] or specifically during autumn and winter months, when the skin synthesis of vitamin D is significantly reduced [15]. However, some studies demonstrate a positive effect of dietary interventions in improving vitamin D status without the use of supplements. For example, incorporating 450 g of salmon weekly into the diet increased the 25(OH)D serum concentration in adults following an energy-restricted diet [22], consuming seafood (mainly fatty fish) three times a week increased 25(OH)D serum concentration in Norwegian individuals [23], and consuming 60 g of vitamin D₃-enriched Gouda cheese daily effectively increased 25(OH)D serum concentrations in women in Greece during the winter [24]. On the other hand, some research showed no effect from the studied intervention. For instance, no increase in vitamin D status was observed in overweight/obese adults in Norway even when consuming 750 g of salmon weekly [25], and there was even a decrease in 25(OH)D serum concentration after 4 weeks of consuming 50 g of smoked salmon daily in young Polish women in the Vitamin D in Salmon (VISA) study [26]. This is summarized in the conclusions from the meta-analysis by Lehmann et al. [27], which indicate that consuming fish increases 25(OH)D serum concentration, but the type of fish (fatty or lean) and the length of the intervention play a vital role in its efficacy.

Considering that young females are especially at risk of vitamin D deficiency, as well as the inconclusive intervention studies aiming at improving vitamin D status, the present study aimed to analyze the impact of increasing the intake of salmon on the vitamin D status of young women in autumn, when sunshine exposure is limited. An additional goal of the study was to evaluate various forms of salmon, such as smoked salmon and

salmon sausages, which contain significant amounts of vitamin D but differ in form and nutritional value.

2. Materials and Methods

2.1. General Information

The Vitamin D in Salmon Part 2 Study (VISA 2 study) was conducted in the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW) in Poland. Since the VISA 2 study was a follow-up of the previously conducted VISA study [26] the study participants, as well as the study design were as similar to the VISA study as possible. Nevertheless, the VISA 2 study included two intervention groups and one control group, in comparison to the VISA study, due to the additional comparison of the different forms of salmon (smoked salmon and salmon sausages).

The VISA 2 study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki. It was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences of the Warsaw University of Life Sciences (No. 27/2018) and the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (No. 2/2021). The study was not recorded on any dedicated trial register platforms. All the study participants provided informed consent for participation in the study and all its procedures, and they were allowed to withdraw at any time.

2.2. Studied Group

Study participants for the research were recruited using the convenience sampling procedure. The invitation to take part in the study was announced on university social media, while the snowball effect was also allowed. The inclusion criteria were females, 18–30 years old, living in Warsaw or its surroundings (making it possible to visit the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW) several times during the study) and written informed consent to participate in the study. The exclusion criteria were as follows: pregnancy, lactation, obesity (defined as $\text{BMI} \geq 30.0 \text{ kg/m}^2$), following a vegan or any other fish-excluding diet, using vitamin D supplements at least 3 weeks before the study beginning, fish and/or seafood allergy, diseases which influence vitamin D metabolism, using medications which influence vitamin D metabolism, planned travels to places based below the 40th parallel north and planned solarium ultraviolet radiation exposure during the study time.

In total, 120 women met the inclusion criteria and were randomly assigned to one of three study groups (group 1—Smoked salmon group, group 2—Salmon sausage group, and group 3—Control group) with 40 participants in each group. The random assignment was performed using stratified block randomization, with stratification based on baseline 25(OH)D concentration. This allocation ensured that the baseline mean 25(OH)D concentrations were similar across the groups. Additionally, the baseline mean BMI was comparable across the groups; therefore, no further adjustments to the three study groups were made.

The study participants did not obtain any monetary compensation for taking part in the study. However, as part of the study, they received free medical evaluation of their 25(OH)D serum concentration and body composition (both three times at three time points). Also, participants in the intervention groups were given the intervention products at no cost.

2.3. Dietary Intervention

The fish intake was planned to be 175 g of smoked salmon weekly to align with fish intake recommendations, which in most European countries and the USA are approximately 150–300 g weekly [28]. This amount was also stated to be potentially easily incorporated into daily life. The quantity of salmon sausages was adjusted to ensure similar vitamin D intakes in both intervention groups, averaging around 5 µg per day, resulting in a final amount of 700 g of salmon sausages per week. Specifically, the daily vitamin D content in the intervention products was calculated as 4.4 µg in salmon sausages and 5.3 µg in

smoked salmon. This amount of vitamin D covers around one-third of the recommended adequate intake in Poland, which is 15 µg [29].

Taking into account the described assumptions, depending on the assigned group, each woman was asked to incorporate into her diet 25 g of smoked salmon (group 1) or 100 g of salmon sausages (2 sausages; group 2) daily or not to change anything in her diet (group 3). Participants from groups 1 and 2 were allowed alternatively to consume twice the daily portion every second day, namely: group 1–50 g of smoked salmon, and group 2–200 g of salmon sausages (4 sausages), if needed. Due to that, it was assessed whether there were differences concerning the frequency of consuming the intervention products daily or every second day between the two intervention groups. Indeed, there were statistically significant differences ($p = 0.002$) between the groups. Participants in the salmon sausage group consumed the intervention product more frequently on a daily basis compared to those in the smoked salmon group (44.5% vs. 18.5%, respectively). Conversely, participants in the smoked salmon group consumed the product more often every second day compared to those in the salmon sausage group (52.5% vs. 11.0%, respectively). The remaining participants did not report a fixed frequency of consumption.

In the case of omitting the salmon/salmon sausage consumption, participants were asked to consume them as soon as they could for the total salmon/sausage intake to be similar among the whole group. Participants were allowed to consume the intervention products as they were, as well as to cook them in water, fry, or bake them. Apart from the intervention, study participants were instructed not to alter their habitual diet regarding fish and any other products. They were asked not to exclude or add fish to their diet in a way that would disrupt their usual eating patterns. Therefore, participants in the control group could incorporate any fish, including salmon, into their diet, while participants in the intervention groups could consume additional fish, including salmon, only if it aligned with their general dietary patterns.

Based on the indication that fasting conditions (i.e., gastric pH = 1) enhance vitamin D bioaccessibility [30], an additional chi-square analysis concerning the frequency of consuming the intervention product on an empty stomach (as part of the first meal of the day) was conducted. However, no differences were seen between the smoked salmon and the salmon sausage group (55% vs. 63%, $p = 0.714$, respectively).

Both the smoked salmon and the salmon sausages that were used for the study were obtained from one producer, one of the leading salmon sellers in Poland (Suempol Polska Ltd.). The provided products were obtained from the same batch in identical sliced trays (smoked salmon) or identical sausage trays (salmon sausages) and modified atmosphere packaging. Both the smoked salmon and the salmon sausages were produced from farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) from Norway. Importantly, Atlantic farmed salmon is a fish species that contains very low levels of mercury and dioxins. It has been classified by the FAO/WHO expert consultation into the first and second groups, respectively, for having the lowest concentrations of these contaminants. This, along with its high concentrations of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), led the FAO/WHO to state that the benefits of consuming Atlantic farmed salmon outweigh the potential risks associated with the contaminants [31]. Due to the large variations in the content of vitamin D in different salmons [32], the vitamin D content was measured in the products by a leading vitamin laboratory in Europe—Eurofins Vitamin Testing Denmark (EN 12821: 2009-08 [33], LC-DAD, accredited methodology no. 581). The nutritional value of the used smoked salmon and salmon sausages is presented in Table 1.

Table 1. Nutritional value of the smoked salmon and salmon sausages used in the intervention (presented per 100 g, corresponding to the daily serving of salmon sausage and four daily servings of smoked salmon planned within the dietary intervention).

	Smoked Salmon, 100 g	Salmon Sausage, 100 g
Energy, kcal	176.0	241.0
Fat, g	9.9	16.7
Saturated fatty acids, g	1.7	2.6
Carbohydrates, g	1.0	11.4
Protein, g	20.1	11.6
Salt, g	1.7	1.5
Omega-3 fatty acids, g	1.4	-
EPA + DHA, mg	610	360
Vitamin D3, µg	21.3 ± 5.55	4.41 ± 1.15

EPA + DHA—the sum of eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) acid.

The ingredients of the smoked salmon used in the intervention were Atlantic salmon (*Salmo salar*) and salt, while of the salmon sausages were Atlantic salmon (*Salmo salar*) 85%, water, salt, spice extracts, glucose, flavors, potato starch, plant fibers, pea starch.

Because pH appears to influence vitamin D bioavailability and/or absorption [30], the pH of the smoked salmon and the salmon sausages used in the intervention was also assessed. The pH measurements were conducted using a potentiometric method with a hand-held pH meter (Testo AG 205, Lenzkirch, Germany) calibrated against two buffers (pH = 4.01, pH = 7.00). Each product was analyzed in at least five repetitions. The median pH of the salmon sausages was slightly higher than that of the smoked salmon (6.49 vs. 6.15; $p = 0.004$; U Mann–Whitney test), indicating that the smoked salmon was slightly more acidic. However, analyses show that there are no differences in vitamin D stability at pH values between 5 and 8, suggesting that the pH of the used products should not have been a confounding factor [34].

To increase the intervention compliance and to ensure that study participants consume fish products with the same nutritional value, the products were provided to the participants and financed as part of the intervention. Participants were asked to pick the products up every two weeks at the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), where the study was conducted. Moreover, to minimize the bias associated with forgetting to consume the given products, they completed a control sheet daily, reporting the products consumed as part of the intervention. During the study, every time the participants collected the packages of the intervention products, they handed in the control sheet and were asked whether they had managed to consume the products, at what frequency (daily or every second day) they consumed them, how they liked them, and how they were feeling concerning the intervention.

2.4. Measurements

2.4.1. Vitamin D Status

The study was divided into 2 parts, 4 weeks each, to verify the status of the participants in the middle of the intervention and after the whole intervention. Therefore, the participants had their vitamin D status measured three times—before the intervention (at baseline), 4 weeks after the beginning of the intervention (in week 5), and after 8 weeks of the intervention (in week 9). Likewise, the anthropometric measurements were performed, and the participants filled in the questionnaire assessing vitamin D intake also before, during (in week 5), and after the intervention (in week 9).

Vitamin D status was assessed based on the total 25(OH)D serum concentration. Venous blood samples were drawn by specialized nurses at four certified medical analysis laboratories in Warsaw (ALAB Laboratoria Ltd.), and the participants were able to choose their preferred location. The participants did not have to be in a fasting state for the blood

collection. The total 25(OH)D serum concentrations were assessed on an Abbott's ALINITY I analyzer using the direct chemiluminescence method. Because the definitions of vitamin D sufficiency differ between authorities [35], the obtained results of the total 25(OH)D serum concentrations were compared to two different reference value ranges, as follows:

- <50 nmol/L—inadequate, 50–250 nmol/L—adequate, >250 nmol/L—potentially toxic [15,16];
- <75 nmol/L—inadequate, 75–250 nmol/L—adequate, >250 nmol/L—potentially toxic [17].

Not to influence the results of the study (especially concerning the intake of vitamin D-rich foods and the intake of vitamin D supplements) as well as to increase adherence, the participants were provided with their 25(OH)D serum concentration results only after the study finished.

2.4.2. Anthropometric Measurements

Anthropometric measurements were conducted using ACCUNIQ BC720 (Selvas Healthcare, Daejeon, Republic of Korea), which enabled the measurement of body weight with a calibrated scale (accuracy: ± 0.5 cm, range: 10–270 kg) and height with a calibrated ultrasound stadiometer (accuracy ± 0.1 cm, range: 50–220 cm), as well as the estimation of soft lean mass (SLM), total body water (TBW), fat mass (FM), free-fat mass (FFM) and skeletal muscle mass (SMM). Body weight and height measurements were performed according to commonly accepted protocols [36], and the body mass index (BMI) was calculated using the Quetelet equation [37]. The ACCUNIQ BC720 makes the body composition estimations based on bioelectrical impedance measurements (range: 100–950 Ω), with eight electrodes, using six different frequencies (1, 5, 50, 250, 550, 1000 kHz), which are then recalculated by the built-in program into the different body parts weights.

The study participants were instructed on how to prepare for the measurement, including abstaining from alcohol for 24 h before the test, avoiding intensive physical activity on the day of the examination, refraining from drinking fluids for 3 h prior, not eating for 4 h before, urinating just before the measurement, wearing light clothing without metal parts (such as a wireless sports bra), and removing any metal items (e.g., jewelry, watches). For the measurements, each participant came in individually to ensure privacy, and, before the measurements, it was made sure that they were correctly prepared concerning the above-written instructions. Participants were then asked to remove heavy clothing such as jumpers, etc., as well as socks or thighs, to step on the device barefoot, place their feet on the electrodes (visible metal parts), and stand still. After the weight and height measurements were conducted, the participants were asked to take the electrode handles so that all fingers touched the electrodes (visible metal parts). The device transmitted a current of 180 μ A, which enabled the body composition measurements. After the measurements, the participants were asked to step off the device and dress. The assumed clothing weight was 0.5 kg, which was automatically subtracted by the built-in program.

Participants were provided only with their weight and height results during the measurement, while all the body composition results were given to them after the study finished to increase adherence. The anthropometric measurements were carried out in the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW).

2.5. Questionnaire

To assess vitamin D intake, all participants filled in an adjusted version of the Vitamin D Estimation Only—Food Frequency Questionnaire (VIDEO-FFQ) which had previously been validated among young women aged 20–30 years [38]. Since salmon sausages are not included in the questionnaire, an additional question regarding the intake of salmon sausages was included in the questionnaire to assess vitamin D intake. To calculate the daily vitamin D intake, the given formula [38] was adjusted by adding the vitamin D intake from the salmon sausages to the sum—assuming that 100 g of salmon sausages (daily portion)

provided 4.41 µg of vitamin D (as shown in Table 1). Moreover, the vitamin D content in the specific smoked salmon used in the intervention was 21.32 µg/100 g (as shown in Table 1), whereas the original version of the questionnaire [38] assumed a mean content of 15 µg/100 g. Therefore, the actual measured vitamin D content (21.32 µg/100 g) was used in the formula to calculate the daily vitamin D intake for all smoked salmon portions consumed by participants in the smoked salmon intervention group. The questionnaire was prepared in Google Forms, while the link to it was sent to the participants via email.

For the analysis, fish intake, fish product intake, and the total fish and fish product intake were calculated based on the questions and answers from the adjusted version of the VIDEO-FFQ. Just like in the case of the VIDEO-FFQ [38], fish (fresh and smoked) were grouped into these with a high vitamin D content (≥ 15 µg/100 g; salmon (*Salmo salar*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), herring (*Clupea harengus*), and eel (*Anguilla anguilla*)), with a medium vitamin D content (2.1–8.0 µg/100 g; halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), mackerel (*Scomber scombrus*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*), sole (*Solea solea*), and tuna (*Thunnus*)) and with a low vitamin D content (≤ 1.0 µg/100 g; cod (*Gadus morhua*), flounder (*Platichthys flesus*), plaice (*Pleuronectes platessa*), pollock (*Gadus chalcogrammus*), hake (*Merluccius merluccius*), perch (*Perca fluviatilis*), zander (*Sander lucioperca*), and pike (*Esox Lucius*)) (see Supplementary Materials).

Because some participants in the intervention groups reported improved dermatological health (complexion and hair) during the course of the study, an additional open-ended question about any observed health outcomes was asked to all participants at the end of the study. Due to the high number of answers concerning dermatological health, all answers indicating dermatological health improvements (improved complexion, more elastic and moisturized skin, fewer pimples, faster healing of skin lesions, enhanced hair condition, shiny hair, stronger nails, etc.) and dermatological health deterioration (deterioration of complexion, appearance of acne, non-healing pustules, weakening of hair condition, hair loss, etc.) were grouped and the frequency of reporting dermatological health improvement vs. deterioration was compared between the groups.

Furthermore, each participant was asked whether they had any difficulties consuming the provided products, such as finding them repetitive or tiresome, and if they would have liked the intervention to continue longer.

2.6. Study Course

The course of the study is presented in Figure 1. During the study, some participants withdrew, while others were excluded due to non-adherence to the dietary intervention or failure to attend the blood draw. The total drop-out rate was 17.5%, and finally, 99 participants were included in the analyses.

2.6.1. Wash-Out Before Study Beginning

Because vitamin D supplementation is widely recommended in the Polish population [17], a 3-week wash-out was planned for those who had supplemented their diet with vitamin D before. In total, 20 out of the 99 participants (20.2%) declared to have supplemented their diet with vitamin D in the form of a supplement, fish oil, or a multivitamin 3 weeks before the study began. Despite the wash-out, their initial 25(OH)D serum concentration was higher than among those who did not use such supplements (80.2 nmol/L vs. 61.2 nmol/L; $p = 0.003$). However, the change in 25(OH)D during the intervention was not influenced by whether participants had been taking vitamin D supplements before the study ($p = 0.243$; $p = 0.522$; $p = 0.536$; change w0-w5, w9-w5, and w0-w9, respectively, comparing individuals who took and did not take vitamin D supplements 3 weeks before the study). Therefore, it was assumed that the wash-out time was correctly planned.

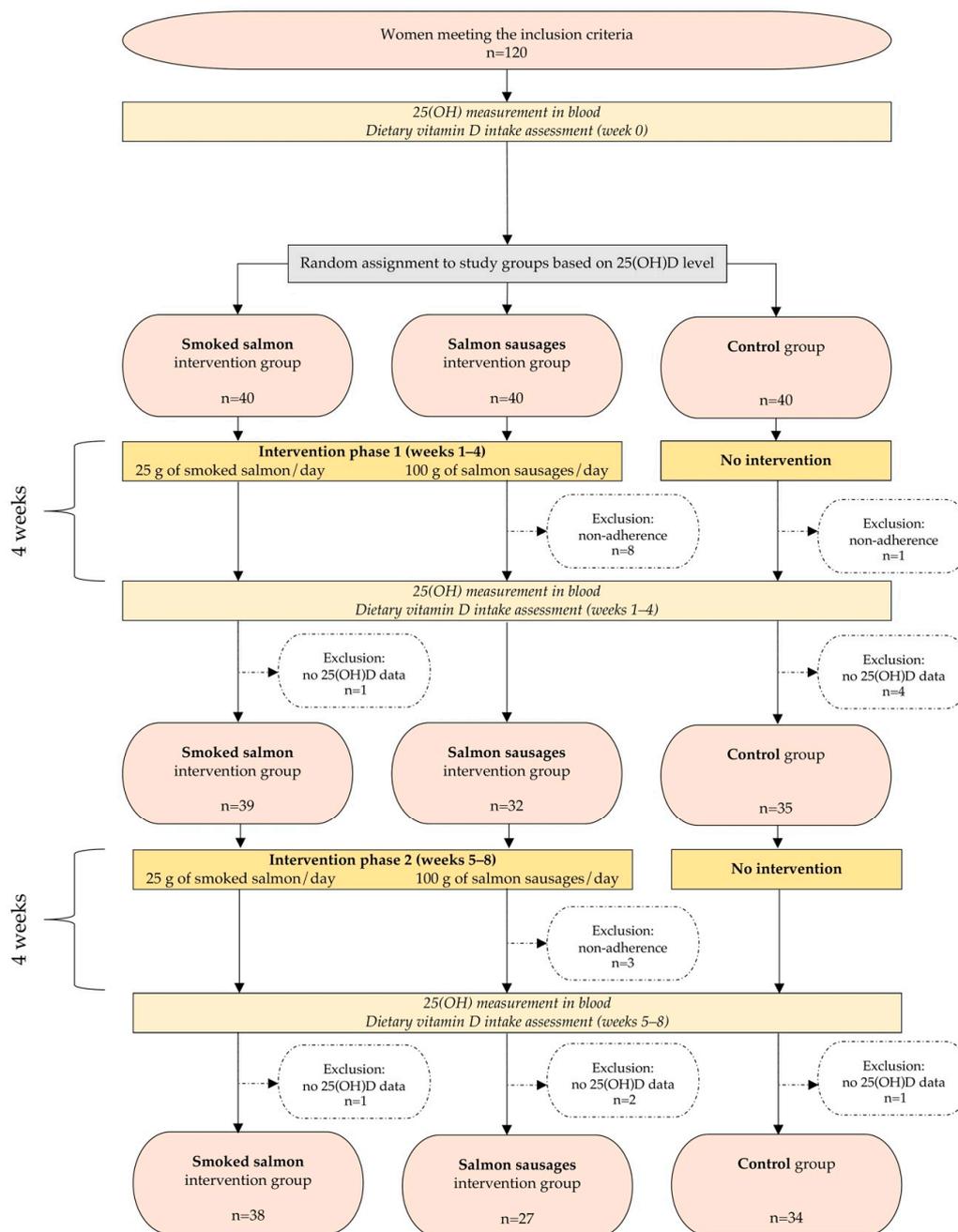


Figure 1. Course of the study.

2.6.2. Study Time

As vitamin D status changes throughout the year, all participants were enrolled in and finished the study simultaneously. The intervention was conducted in autumn and lasted from 24 October to 18 December 2022, identical to the day in the VISA study in 2018 [26]. Considering the temperatures during the VISA study in 2018 and the current VISA 2 study, they were alike too—the mean temperature in the Masovian region was 10 °C in October 2018 and 11 °C in October 2022, 4 °C in November 2018 and November 2022, and 2 °C in December 2018 and 1 °C in December 2022 [39,40]. Likewise, the reason for choosing this time of the intervention was the fact that in countries such as Poland, vitamin D synthesis in the skin, being the major source of the vitamin, is only possible from April to October [10]; hence, it was decided to conduct the study after this period.

2.7. Statistical Analyses

The accepted level of statistical significance was $p \leq 0.05$. To assess the normality of distribution, the Shapiro–Wilk test was used. The results are presented as mean \pm SD and median with a range of percentiles (P25; P75), while the values used in the discussion depended on the normality of the distribution: mean \pm SD for normal distributions and median for non-normal distributions.

The sample size required for the analyses was calculated based on the population of females aged 19–30 in the Masovian Voivodeship (318,200, according to the Central Statistical Office of Poland [41]). Assuming 25.9% as the obesity rate for this group [42], the non-obese population was determined to be 235,786. A 95% confidence level, 10% margin of error, and 20% prevalence of low vitamin D concentrations (<25 nmol/L) [21] were applied, resulting in an estimated required sample size of 61. The final sample of 99 females was therefore considered sufficient.

For group comparisons, the U Mann–Whitney test was used (in case of two groups and non-normal distribution) or the analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey’s Honest Significant Difference (HSD) test for the post hoc analysis (in case of three or more groups and data of normal distribution) or the Kruskal–Wallis analysis of variance (ANOVA) followed by the Dunn–Sidak–Corrected Fisher (DSCF) test for the post hoc analysis (in case of three or more groups and data of non-normal distribution). The chi-square test was used to analyze the differences between the groups concerning categorical variables, whereas the chi-square test with Yates’ correction was taken into account when needed.

The analyses were conducted in Statistica 13.3 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA) and Jamovi (The Jamovi project, version 2.3, Sydney, Australia) [43] software.

3. Results

3.1. Anthropometric Characteristics of the Participants

Table 2 presents the detailed anthropometric characteristics of the two intervention groups and the control group at baseline. Most of the anthropometric characteristics of the participants did not differ between the three studied groups ($p > 0.05$) apart from the age in the control group and the smoked salmon group (23 vs. 21 years; $p = 0.041$ for pairwise comparison) and the body fat mass, which was higher in the salmon sausages group than in the smoked salmon group (27.4% vs. 23.7%; $p = 0.012$ for pairwise comparison). The weight change from baseline to after 4 weeks of intervention, from after 4 weeks of intervention to after 8 weeks of intervention, and from baseline to after 8 weeks of intervention, did not differ among the three groups either ($p > 0.05$).

Table 2. Anthropometric characteristics of the two intervention groups and the control group at baseline.

	Smoked Salmon Intervention Group <i>n</i> = 38		Salmon Sausage Intervention Group <i>n</i> = 27		Control Group <i>n</i> = 34		<i>p</i> **
	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	
Age, years	21.6 \pm 2.7	21 (20; 23) **a	22.4 \pm 2.8	21 (20; 23.5) **ab	23.2 \pm 2.9	23 (21; 25) ^b	0.048
Weight, kg	58.3 \pm 7.2	58.5 (51.8; 62.8)	63.0 \pm 9.6	61.5 (55.4; 69.4) *	59.8 \pm 8.9	60.3 (52.7; 65.9)	0.172
Height, cm	168.1 \pm 7.0	167.8 (163.7; 174.1)	168.4 \pm 6.5	168.2 (164.2; 171.8)	168.3 \pm 6.4	167.6 (164.5; 171.8)	0.982
BMI, kg/m ²	20.6 \pm 2.4	20.4 (19.2; 22.5)	22.2 \pm 3.0	21.2 (20.1; 23.7) *	21.1 \pm 3.0	20.9 (18.8; 22.8)	0.118
SLM, %	70.8 \pm 5.1	70.9 (66.8; 74.1)	67.4 \pm 4.9	67.3 (65.0; 69.9)	68.9 \pm 5.6	69.3 (64.9; 72.4)	0.299
TBW, %	55.9 \pm 4.0	56.0 (52.6; 58.4)	53.1 \pm 3.8	53.0 (51.1; 55.0)	54.3 \pm 4.4	54.6 (51.2; 57.1)	0.291
FM, %	23.7 \pm 5.5	23.7 (20.3; 28.0) ^a	27.4 \pm 5.2	27.5 (24.8; 30.0) ^b	25.8 \pm 6.0	25.2 (22.0; 30.0) ^{ab}	0.014
FFM, %	76.3 \pm 5.5	76.3 (72.0; 79.7)	72.6 \pm 5.2	72.5 (70.0; 75.2)	74.2 \pm 6.0	74.8 (70.0; 78.0)	0.302
SMM, %	42.5 \pm 3.1	42.5 (40.1; 44.4)	40.4 \pm 2.9	40.3 (38.9; 41.9)	41.3 \pm 3.4	41.6 (39.0; 43.4)	0.298

* non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** analysis of variance (ANOVA) test (for normal distribution) or Kruskal–Wallis ANOVA test (for non-normal distribution); different letters in rows (a, b) indicate significant differences between groups ($p < 0.05$)—Tukey’s post hoc analysis; SLM—Soft lean mass; TBW—Total body water; FM—Fat mass; FFM—Fat-free mass; SMM—Skeletal muscle mass.

3.2. Fish Intake Throughout the Study

The comparison of the weekly intake of fish and fish products among the participants from the different study groups at baseline, during the 4 first weeks and the last 4 weeks of the intervention is presented in Table 3. At baseline, the weekly intake of fish and fish products amounted to 78.8–128.0 g and did not differ between the groups ($p > 0.05$). However, more participants from the salmon sausage intervention group complied with the recommendation to consume at least 150 g of fish and fish products weekly than participants from the smoked salmon and the control group (48.1 vs. 21.1 and 20.6%; $p = 0.027$; data not presented in tables). During the intervention, the weekly intake of fish and fish products was highest among participants from the salmon sausage group followed by those from the smoked salmon group, and lowest among those from the control group (w1-w4: 712.0 vs. 222.0 vs. 64.2 g/week, $p < 0.001$ and w5-w8: 711.0 vs. 210.0 vs. 58.3 g/day, $p < 0.001$). These differences result from the fact that participants from the salmon sausage group consumed 100 g of salmon sausages daily (corresponding to 700 g/week) within the applied intervention, while participants from the smoked salmon group consumed 25 g of smoked salmon daily (corresponding to 175 g/week) within the applied intervention. During the study, all participants from both intervention groups complied with the recommendation to consume at least 150 g of fish and fish products weekly, while in the control group, it was 11.8% ($n = 4$) during the first 4 weeks of the intervention and 17.6% ($n = 6$) during the last 4 weeks of the intervention (data not presented in tables).

Table 3. Comparison of the weekly intake of fish and fish products among the participants from the different study groups at baseline, during the 4 first weeks and the last 4 weeks of the intervention.

Weekly Intake of Fish and Fish Products, g/week		Smoked Salmon Intervention Group $n = 38$		Salmon Sausage Intervention Group $n = 27$		Control Group $n = 34$		p^{**}
		Mean \pm SD	Median (P25; P75)	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	
w0 (baseline)		99.7 \pm 58.7	87.5 (56.1; 137.0) *	131.0 \pm 75.5	128.0 (75.8; 187.0)	108.0 \pm 105.0	78.8 (54.0; 128.0) *	0.119
w1 to w4 (4 first weeks of intervention)	including intervention	240.0 \pm 72.1	222.0 (187.0; 254.0) *a	735.0 \pm 85.7	712.0 (671.0; 776.0) *c	82.9 \pm 75.4	64.2 (24.8; 114.0) *b	<0.001
	excluding intervention	76.8 \pm 72.1	58.3 (23.3; 90.4) *	79.5 \pm 79.6	58.3 (17.5; 123.0) *	82.9 \pm 75.4	64.2 (24.8; 114.0) *	0.902
w5 to w8 (4 last weeks of intervention)	including intervention	229.0 \pm 72.8	210.0 (171.0; 271.0) *a	711.0 \pm 58.2 c	700.0 (665.0; 747.0)	69.7 \pm 57.1	58.3 (26.3; 102.0) *b	<0.001
	excluding intervention	66.2 \pm 72.7	46.7 (7.3; 108.0) *	59.6 \pm 55.3	46.7 (17.5; 93.3) *	69.7 \pm 57.1	58.3 (26.3; 102.0) *	0.712

* non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Kruskal–Wallis ANOVA test; different letters in rows (a, b, c) indicate significant differences between groups ($p < 0.05$).

A detailed analysis of the daily intake of fish species grouped based on their vitamin D content, the daily intake of fish products, and the total daily fish and fish products intake across the different study groups at baseline, during the 4 first weeks and the last 4 weeks of the intervention is presented in Supplementary Table S1.

3.3. Vitamin D Intake Throughout the Study

The comparison of the daily intake of vitamin D among the participants from the different study groups at baseline, during the 4 first weeks and the last 4 weeks of the intervention is presented in Table 4. Whereas the baseline daily vitamin D intake did not differ between the groups at baseline ($p > 0.05$), it did during the intervention with participants from the smoked salmon group consuming the highest amounts and those from the control group consuming the lowest amounts of vitamin D (w1-w4: 7.3 vs. 6.8 vs. 2.3 $\mu\text{g/day}$; w5-w8: 7.3 vs. 6.5 vs. 2.3 $\mu\text{g/day}$; $p < 0.001$). However, the comparison between the groups considering vitamin D intake excluding vitamin D from the intervention products did not reveal any differences ($p > 0.05$), which indicates that the habitual vitamin

D intake (without vitamin D from the intervention products) was not a factor which might have influenced the obtained results.

Table 4. Comparison of the daily intake of vitamin D among the participants from the different study groups at baseline, during the 4 first weeks and the last 4 weeks of the intervention.

Daily Intake of Vitamin D, $\mu\text{g/day}$	Smoked Salmon Intervention Group <i>n</i> = 38		Salmon Sausage Intervention Group <i>n</i> = 27		Control Group <i>n</i> = 34		<i>p</i> **	
	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	Mean \pm SD	Median (P25; P75)	Mean \pm SD	Median (P25; P75)		
w0 (baseline)	3.4 \pm 1.5	3.1 (2.4; 4.0) *	3.7 \pm 1.7	3.4 (2.3; 5.0)	3.0 \pm 1.2	2.7 (2.1; 3.4) *	0.152	
w1 to w4 (4 first weeks of intervention)	including intervention	7.7 \pm 1.2	7.3 (6.8; 8.4) **a	7.1 \pm 1.8	6.8 (6.0; 7.4) **b	2.5 \pm 1.1	2.3 (1.8; 3.1) ^c	<0.001
	excluding intervention	2.7 \pm 1.2	2.4 (1.9; 3.4) *	2.9 \pm 1.7	2.7 (1.9; 3.2) *	2.5 \pm 1.1	2.3 (1.8; 3.1)	0.690
w5 to w8 (4 last weeks of intervention)	including intervention	7.8 \pm 1.9	7.3 (6.6; 8.2) **a	6.7 \pm 1.4	6.5 (5.9; 7.0) **b	2.5 \pm 1.3	2.3 (1.6; 2.8) **c	<0.001
	excluding intervention	2.8 \pm 1.9	2.3 (1.7; 3.2) *	2.6 \pm 1.4	2.4 (1.8; 2.9) *	2.5 \pm 1.3	2.3 (1.6; 2.8) *	0.898

* non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Kruskal–Wallis ANOVA test; different letters in rows (a, b, c) indicate significant differences between groups ($p < 0.05$).

3.4. Vitamin D Status (Total 25(OH)D Serum Concentration) Throughout the Study

Participants’ total 25(OH)D serum concentrations and their changes at baseline, after 4 weeks, and after 8 weeks of the intervention are presented in Table 5. The mean baseline serum concentration in the whole studied population amounted to 65.1 ± 24.9 nmol/L and did not differ between the groups ($p > 0.05$). Surprisingly, the serum concentration did not differ between the groups after 4 and 8 weeks of the intervention either ($p > 0.05$). A decrease in the 25(OH)D concentration was observed after 4 and 8 weeks of intervention in all groups. However, the declining p -value from $p = 0.947$ at baseline to $p = 0.130$ after 8 weeks of the intervention suggests that the duration of the observation time may have been too short to reveal a statistically significant difference. Nevertheless, differences between the groups were observed concerning the changes in 25(OH)D serum concentration ($p < 0.05$) with the biggest decrease in the control group and the smallest decrease in the salmon sausage intervention group. The post hoc analysis indicated that for the changes from w0 to w5 and from w5 to w9, the differences between the groups concerned only the control group and the salmon sausage intervention group ($p = 0.019$ and $p = 0.017$, respectively), while for the change from w0 to w9, differences were observed comparing the control group with the salmon sausage group ($p < 0.001$), as well as when comparing the smoked salmon group and the salmon sausage group ($p = 0.034$). No difference was observed when comparing the 25(OH)D serum concentration change from w0 to w9 in the smoked salmon and the control group ($p > 0.05$).

Table 5. Participants’ total 25(OH)D serum concentrations and their changes at baseline, after 4 weeks, and after 8 weeks of the intervention.

Variables	Time	Smoked Salmon Intervention Group <i>n</i> = 38		Salmon Sausage Intervention Group <i>n</i> = 27		Control Group <i>n</i> = 34		<i>p</i> **
		Mean ± SD	Median (P25; P75)	Mean ± SD	Median (P25; P75)	Mean ± SD	Median (P25; P75)	
25(OH)D serum concentration, nmol/L	w0	64.2 ± 23.2	63.5 (47.8; 77.2)	66.3 ± 24.9	65.8 (48.6; 80.4)	65.1 ± 27.3	61.5 (47.9; 76.4)	0.947
	w5	55.9 ± 18.6	56.9 (41.0; 68.9)	61.9 ± 22.6	57.5 (46.8; 75.5)	53.8 ± 23.4	56.4 (33.9; 69.8)	0.323
	w9	52.6 ± 18.8	53.3 (36.7; 63.0)	62.4 ± 26.5	56.3 (45.8; 68.3) *	48.3 ± 21.8	48.4 (32.6; 62.5)	0.130
25(OH)D serum concentration change, nmol/L	w0 to w5	−8.2 ± 11.6	−6.3 (−12.2; −2.1) * _{ab}	−4.3 ± 8.2	−2.5 (−11.4; 0.0) ^b	−11.4 ± 10.5	−10.0 (−16.1; −4.5) ^a	0.022
	w5 to w8	−3.3 ± 6.8	−3.1 (−6.1; −0.5) _{ab}	0.4 ± 8.6	−2.3 (−4.5; 3.8) * _b	−5.5 ± 4.6	−4.4 (−8.4; −2.3) ^a	0.020
	w0 to w9	−11.6 ± 14.1	−9.3 (−17.6; −3.9) * _a	−3.9 ± 13.2	−4.3 (−8.5; −0.8) * _b	−16.9 ± 12.4	−15.0 (−22.0; −8.4) * _a	<0.001

* non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; *p* ≤ 0.05); ** ANOVA Fisher’s test (for normal distribution) or Kruskal–Wallis ANOVA test (for non-normal distribution); 25(OH)D—25-hydroxyvitamin D; different letters in rows (a, b) indicate significant differences between groups (*p* < 0.05); w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9.

3.5. Influence of Vitamin D Status at Baseline on the Intervention Outcomes

The number of participants with inadequate and adequate vitamin D status at baseline, after 4 weeks of intervention, and after 8 weeks of intervention compared with the reference value of 50 nmol/L and 75 nmol/L is presented in Table 6. Concerning the lower, namely the 50 nmol/L reference value, at baseline, 70% of all participants (*n* = 69) had 25(OH)D concentrations ≥ 50 nmol/L, after 4 weeks of intervention 66% (*n* = 65), while after 8 weeks of intervention, it was 54% (*n* = 53). Interestingly, no differences between the intervention groups and the control group were observed (*p* > 0.05). None of the participants’ 25(OH)D serum concentrations exceeded the potentially toxic concentration of 250 nmol/L at any measuring time. Regarding the higher reference value, namely 75 nmol/L, at baseline, only 31% of all participants (*n* = 31) had 25(OH)D serum concentrations ≥ 75 nmol/L, after 4 weeks of intervention 18% (*n* = 18), while after 8 weeks of intervention, it was 15% (*n* = 15). Just like for the previously analyzed reference value of 50 nmol/L, no differences were observed between the groups (*p* > 0.05).

The comparison of total 25(OH)D serum concentrations before, after 4 weeks, and after 8 weeks of the intervention, as well as its changes throughout the study between subgroups characterized by an adequate (25(OH)D ≥ 50 nmol/L) or inadequate (25(OH)D < 50 nmol/L) status at baseline, is presented in Table 7. What could be anticipated was that there were differences between the 25(OH)D serum concentration at baseline between the participants with an adequate and inadequate vitamin D baseline status in all three study groups (smoked salmon: adequate 69.3 vs. inadequate 39.5 nmol/L; *p* < 0.001; salmon sausage: adequate 79.0 ± 19.8 vs. inadequate 40.7 ± 8.8 nmol/L; *p* < 0.001; control: adequate 76.9 vs. inadequate 36.8 nmol/L; *p* < 0.001). Interestingly, similar differences were observed after 4 and 8 weeks of intervention in all three groups, including the intervention groups, indicating that the intervention was not sufficient to overcome the differences of 25(OH)D serum concentration at baseline. However, the 25(OH)D serum concentration change from w0 to w5 did differ between the subgroups of adequate and inadequate baseline vitamin D status among the participants from the salmon sausage group (−7.2 ± 7.7 vs. 1.5 ± 6.1 nmol/L; *p* = 0.018). In the salmon sausage group, it also differed for the w0 to w9 change (−5.4 vs. −3.0 nmol/L; *p* = 0.048). This indicates that the intervention was more efficacious among participants with an inadequate baseline vitamin D status. No differences were observed in the 25(OH)D serum concentration changes in the control group, while in the smoked salmon group, a non-significant but close-to-statistically-significant difference was noted for the w0 to w5 period (−9.3 vs. −3.8 nmol/L; *p* = 0.079) and the w0 to w9 period (−12.5 vs. −5.8 nmol/L; *p* = 0.055).

Table 6. Number of participants with inadequate and adequate vitamin D status at baseline, after 4 weeks of intervention, and after 8 weeks of intervention, compared with the reference value of 50 nmol/L and 75 nmol/L.

Reference Value	Measurement Time	Vitamin D Status	Smoked Salmon Intervention Group n = 38	Salmon sausage Intervention Group n = 27	Control Group n = 34	p *
50 nmol/L ¹	w0	Adequate Inadequate	27 (71%) 11 (29%)	18 (67%) 9 (33%)	24 (71%) 10 (29%)	0.922
	w5	Adequate Inadequate	25 (66%) 13 (34%)	19 (70%) 8 (30%)	21 (62%) 13 (38%)	0.781
	w9	Adequate Inadequate	21 (55%) 17 (45%)	16 (59%) 11 (41%)	16 (47%) 18 (53%)	0.614
75 nmol/L ²	w0	Adequate Inadequate	12 (32%) 26 (68%)	9 (33%) 18 (67%)	10 (29%) 24 (71%)	0.946
	w5	Adequate Inadequate	6 (16%) 32 (84%)	7 (26%) 20 (74%)	5 (15%) 29 (85%)	0.470
	w9	Adequate Inadequate	6 (16%) 32 (84%)	6 (22%) 21 (78%)	3 (9%) 31 (91%)	0.346

¹ Adequate vitamin D status defined as 25(OH)D ≥ 50 nmol/L, inadequate vitamin D status defined as 25(OH)D < 50 nmol/L; ² Adequate vitamin D status defined as 25(OH)D ≥ 75 nmol/L, inadequate vitamin D status defined as 25(OH)D < 75 nmol/L; * chi² test; w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9.

Table 7. Comparison of total 25(OH)D serum concentrations before, after 4 weeks, and after 8 weeks of the intervention between subgroups characterized by an adequate (25(OH)D ≥ 50 nmol/L) or inadequate (25(OH)D < 50 nmol/L) status at baseline within the studied groups.

Variables	Time	Vitamin D Status at Baseline	Smoked Salmon Intervention Group (Adequate ¹ at Baseline: n = 27, Inadequate ² at Baseline: n = 11)			Salmon Sausage Intervention Group (Adequate ¹ at Baseline: n = 18, Inadequate ² at Baseline: n = 9)			Control Group (Adequate ¹ at Baseline: n = 24, Inadequate ² at Baseline: n = 10)		
			Mean ± SD	Median (P25; P75)	p **	Mean ± SD	Median (P25; P75)	p **	Mean ± SD	Median (P25; P75)	p **
25(OH)D serum concentration, nmol/L	w0	Adequate ¹	74.6 ± 18.7	69.3 (62.5; 83.6) *	<0.001	79.0 ± 19.8	74.6 (66.0; 87.5)	<0.001	76.9 ± 22.8	71.5 (60.2; 84.7) *	<0.001
		Inadequate ²	38.5 ± 7.8	39.5 (34.0; 44.1)		40.7 ± 8.8	41.8 (34.3; 47.5)		36.8 ± 11.6	39.6 (32.4; 45.8)	
	w5	Adequate ¹	63.8 ± 13.8	62.3 (54.9; 74.4)	<0.001	71.8 ± 20.6	67.3 (58.4; 79.8) *	<0.001	64.4 ± 18.5	61.3 (54.8; 72.9)	<0.001
		Inadequate ²	36.7 ± 14.6	36.0 (25.8; 39.0) *		42.2 ± 10.3	46.0 (38.8; 47.3) *		28.1 ± 9.9	27.9 (21.6; 32.3)	
	w9	Adequate ¹	59.8 ± 13.9	59.5 (50.0; 68.9)	<0.001	72.0 ± 26.9	63.8 (56.2; 84.6) *	<0.001	57.9 ± 18.0	56.1 (47.2; 67.8)	<0.001
		Inadequate ²	34.9 ± 17.9	28.0 (26.8; 35.5) *		43.1 ± 10.4	45.3 (44.5; 46.5) *		25.1 ± 9.0	24.6 (19.1; 30.9)	
25(OH)D serum concentration change, nmol/L	w0 to w5	Adequate ¹	-10.8 ± 11.6	-9.3 (-14.1; -3.6) *	0.079	-7.2 ± 7.7	-3.8 (-13.1; -1.1)	0.018	-12.5 ± 12.0	-12.0 (-17.9; -2.2)	0.558
		Inadequate ²	-1.8 ± 9.3	-3.8 (-7.3; 0.0)		1.5 ± 6.1	0.0 (-2.5; 3.8)		-8.7 ± 5.0	-8.0 (-11.8; -4.6)	
	w5 to w9	Adequate ¹	-3.9 ± 5.0	-3.3 (-6.8; -1.3)	0.551	0.2 ± 10.0	-3.5 (-4.9; 4.8) *	0.217	-6.6 ± 5.0	-6.0 (-10.2; -2.8)	0.576
		Inadequate ²	-1.8 ± 10.0	-2.0 (-5.1; 0.1)		0.8 ± 5.0	-1.5 (-2.3; 1.5) *		-3.0 ± 1.8	-3.5 (-4.4; -2.3)	
	w0 to w9	Adequate ¹	-14.8 ± 12.9	-12.5 (-21.0; -5.3) *	0.055	-7.0 ± 13.9	-5.4 (-16.3; -1.6)	0.048	-19.0 ± 13.9	-18.5 (-24.0; -8.0)	0.117
		Inadequate ²	-3.6 ± 14.3	-5.8 (-11.0; -3.0) *		2.3 ± 9.7	-3.0 (-4.3; 7.8) *		-11.6 ± 4.8	-12.8 (-14.6; -9.0)	

¹ Adequate baseline vitamin D status defined as 25(OH)D ≥ 50 nmol/L; ² inadequate baseline vitamin D status defined as 25(OH)D < 50 nmol/L; * non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; p ≤ 0.05); ** U Mann–Whitney test (comparison inside one group); 25(OH)D—25-hydroxyvitamin D; w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9.

3.6. Intervention Efficacy

The number of participants whose 25(OH)D serum concentration increased or was maintained compared to those whose 25(OH)D decreased during the different study periods is presented in Table 8. During the first 4 weeks of the intervention (from w0 to w5), an increase/maintenance of 25(OH)D was observed in 17% ($n = 17$) of all participants, during the last 4 weeks of the intervention (from w5 to w9) in 20% ($n = 20$), while during the whole intervention time in 9% ($n = 9$). Interestingly, while from w0 to w5 only a non-significant but close-to-statistically-significant difference was observed between the groups ($p = 0.097$), from w5 to w9, in a pairwise comparison, differences were observed between the salmon sausage and the control group ($p = 0.015$), and a non-significant but close-to-statistically-significant difference was observed between the smoked salmon and the control group ($p = 0.077$), while no difference was noted between the smoked salmon and salmon sausage group ($p > 0.05$). From w0 to w9, in a pairwise comparison, a non-significant but close-to-statistically-significant difference was observed when the salmon sausage and the control group, as well as when the smoked salmon and salmon sausage group, were compared ($p = 0.052$; $p = 0.095$; respectively), while no differences between the smoked salmon group and the control group ($p > 0.05$) were noted.

Table 8. The number of participants whose 25(OH)D serum concentration increased or was maintained compared to those whose 25(OH)D decreased during the different study periods.

Time	25(OH)D Serum Concentration Change	Smoked Salmon Intervention Group $n = 38$	Salmon Sausage Intervention Group $n = 27$	Control Group $n = 34$	p^*
w0 to w5	Increase/maintained	6 (16%)	8 (30%)	3 (9%)	0.097
	Decrease	32 (84%)	19 (70%)	31 (91%)	
w5 to w9	Increase/maintained	9 (24%)	9 (33%)	2 (6%)	0.024
	Decrease	29 (76%)	18 (67%)	32 (94%)	
w0 to w9	Increase/maintained	2 (5%)	6 (22%)	1 (3%)	0.020
	Decrease	36 (95%)	21 (78%)	33 (97%)	

* χ^2 test; w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9.

The analysis of the number of participants whose 25(OH)D serum concentration increased or was maintained compared to those whose 25(OH)D decreased during the different study periods with both intervention groups combined is presented in Supplementary Table S2.

3.7. Additional Observations

After the 8-week intervention, three participants (11%) from the salmon sausage group, twelve participants (32%) from the smoked salmon group, and one (3%) from the control group reported improved dermatological health, while two (7%) from the salmon sausage group and three (9%) from the control group reported dermatological deterioration. There were differences between the three groups ($p = 0.008$), as well as between the two intervention groups ($p = 0.049$) with more participants observing dermatological health improvements and less deterioration in the smoked salmon group than in the salmon sausage group. Specifically, in the smoked salmon group, ten participants (29%) reported improved complexion, one (3%) noted enhanced hair condition and one (3%) observed improvement in hair, skin, and nail condition. In the salmon sausage group, two participants (7%) reported an improvement in complexion, one (4%) noted an enhancement in hair and nail condition, and two participants (7%) experienced a deterioration in complexion. In the control group, one (3%) reported improved complexion, two (6%) observed a deterioration in complexion and appearance of acne, and one (3%) noted poorer hair condition.

Most participants from the smoked salmon group declared that they were fond of the taste, texture, and overall quality of the intervention product and 20 participants from

this group (53%) would have wanted the study to continue longer. The ones who did not want it to continue were tired of having to consume the same product so frequently, and some were put off by its smell at the end of the 8-week intervention. On the other hand, many said they got used to consuming smoked salmon regularly and would miss it. In the salmon sausage group, seven participants (26%) from the group declared that they would have liked the study to continue longer, while 20 participants (74%) reported being jaded by the taste and texture of the daily consumed product and were pleased that the intervention lasted only 8 weeks.

4. Discussion

4.1. Serum Concentration Changes of 25(OH)D After 8 Weeks of Intervention

In the previously conducted VISA study [26], a surprising decrease in the 25(OH)D serum concentration was observed despite consuming more salmon, being a source of vitamin D. However, no control group or other intervention groups were included in it; therefore, the present study (VISA 2) provides a more profound insight. To start with, in the present VISA 2 study, a decrease in the 25(OH)D serum concentration was seen in both intervention groups, as well as in the control group. However, what should be underlined is that the decrease was three and a half times greater in the control group than in the salmon sausage intervention group (-15.0 nmol/L vs. -4.3 nmol/L from w0 to w9). This indicates a positive influence of incorporating 100 g of salmon sausage as a source of vitamin D into the daily diet to slow down the natural decline of 25(OH)D due to the lack of cutaneous vitamin D synthesis in Poland in autumn and winter [10].

Surprisingly, no statistically significant difference was observed comparing the smoked salmon group in which the median decrease from w0 to w9 was 9.3 nmol/L, and the control group in which it was 15.0 nmol/L. Moreover, the decrease after 8 weeks of intervention in the smoked salmon group was significantly greater than in the salmon sausage group. This suggests that the daily intake of 25 g of smoked salmon did not have a distinct influence on vitamin D status compared to not consuming it (like in the case of the control group), in contrast to 100 g of salmon sausage (both of which provided around 5 µg of vitamin D daily). Moreover, in the previously conducted VISA study [26] (which started and finished on exactly the same day and month 4 years before to avoid possible differences due to the time of the year), the medium decrease of 25(OH)D after 8 weeks of intervention with smoked salmon was 8.1 nmol/L compared to 9.3 nmol/L in the present VISA 2 study. It seems unexpected as the daily intake of smoked salmon in the VISA study [26] was 50 g daily (providing around 10 µg of vitamin D daily), while in the present VISA 2 study, it was twice as small, so it provided two times less vitamin D per day. The fact that the decline in the groups consuming 25 g and 50 g of smoked salmon per day was so similar (9.3 and 8.1 nmol/L, respectively), as well as the fact that consuming 25 g and being in the control group did not have a different influence on the 25(OH)D decline after 8 weeks of intervention, indicates that there most probably may have been some factors influencing the absorption/metabolism of the vitamin D from smoked salmon. On the other hand, despite the similar, but higher in smoked salmon, amount of vitamin D in the daily portion of smoked salmon and salmon sausages (5.3 vs. 4.4 µg, respectively), a positive influence compared to the control group was seen only in the salmon sausage group, suggests that vitamin D is better absorbed/metabolized from salmon sausages than from smoked salmon. While to our best knowledge such differences have not yet been clearly stated in the literature, some possible explanations for this phenomenon were identified.

4.2. Possible Explanations

4.2.1. Fat Content

First of all, what differentiated the products used in the intervention was their fat content. While the daily portion of salmon sausage provided 16.7 g of fat, the daily portion of smoked salmon provided 3.25 g, more than five times less. Since vitamin D is fat-soluble, its absorption could be enhanced when taken with a meal high in fat [44]. In vitro

gastrointestinal model studies show that vitamin D bioaccessibility depends on the matrix (food) composition, including its fat content [30]. However, results from human studies regarding the direction of the influence are varied.

On the one hand, a study by Raimundo et al. [44] indicated that when a capsule containing 1250 µg of vitamin D3 was ingested with a high-fat meal (25.6 g of fat in a 473-kcal meal, corresponding to 48.7% of energy from fat), 25(OH)D serum concentrations were higher 7 and 14 days later compared to when the capsule was ingested with a low-fat meal (1.7 g of fat in a 465-kcal meal, corresponding to 3.3% of energy from fat). Another study of a similar design conducted by Raimundo et al. [45] indicated that the increase in 25(OH)D serum concentration 2 weeks after taking a vitamin D supplement was greater when the supplement was consumed with a meal containing at least 15 g of fat compared to a fat-free meal. This aligns well with the presented results, as the fat content of the daily salmon sausage portion was 16.7 g (more than 15 g), and most of the participants consumed it during one meal. Moreover, a study by Dawson-Hughes et al. [46] showed that plasma cholecalciferol was higher when participants took a 1250 µg vitamin D supplement with a meal containing fat than a fat-free meal, whereas the 25(OH)D serum concentration was not assessed. On the other hand, the results from a different intervention study by Dawson-Hughes et al. [47] indicated that while 12 h after receiving 1250 µg of vitamin D3, the plasma cholecalciferol increases were highest in the low-fat meal group compared to the high-fat and no-meal group, the 25(OH)D increases 30 and 90 days later did not differ between the groups.

Despite observing no rise in the present study, the results seem to correspond to the results from Raimundo et al. [44,45], as the 25(OH)D decline was smaller in the intervention group consuming salmon sausages which contained more fat than smoked salmon. What connects these studies to the present study is the young age of the participants (below 30 years) in contrast to the older participants in the study by Dawson-Hughes et al. [47] (mean age 58 years), where no difference between the groups was observed. This might suggest that the intake of vitamin D3 (in the form of a supplement or a naturally-rich-in-vitamin-D product such as salmon sausage) results in higher 25(OH)D levels if ingested with more fat only in young individuals. Whether a smaller decline (like in the present study) or a higher increase (like in the Raimundo et al. study [44]) will be observed will probably depend on the amount of vitamin D3 ingested. While in the Raimundo et al. [44] study it was 1250 µg at one time, in the present study, it was 5 µg daily, corresponding to 280 µg during the whole 8-week-long intervention.

What should not be overlooked, however, is that in the cited studies [44,46,47], a high dose of a supplement was given to their participants in contrast to the present study in which the participants received much smaller amounts of vitamin D in the form of a food product. This might result in a markedly different vitamin D uptake mechanism, as the findings of Reboul et al. [48] indicate that at low dietary doses, the absorption of vitamin D is primarily protein-mediated. In contrast, at high pharmacological doses, passive diffusion probably occurs [48].

Although in the present study, the higher fat content of salmon sausages seemed to improve the effect of the intervention, other clinical studies indicate that vitamin D can also be effectively absorbed from food products fortified with vitamin D, even if low in fat, such as orange juice [49], low-fat cheese [50], and bread [51], suggesting that 25(OH)D increases can be observed even if the intervention products do not contain high amounts of fat [49–51] contrary to the hypothesis described above.

However, it should be mentioned that one more explanation connected with the fat content of the products might be the different types of fatty acids found in them. They may have an effect, as Holmberg et al. [52] indicated that vitamin D3 supplements increase cholecalciferol serum concentrations more effectively when vitamin D3 is administered in fats containing long-chain triglycerides compared to medium-chain triglycerides, suggesting that the presence of long-chain fatty acids facilitates vitamin D3 absorption [52]. Moreover, a diet rich in monounsaturated fatty acids (MUFA) was found to be more effective in

increasing cholecalciferol concentrations compared to a diet rich in polyunsaturated fatty acids (PUFA), as the latter seems to reduce the effectiveness of vitamin D3 supplementation [53]. However, the study by Holmberg et al. [52] also showed that when the vitamin D3 supplement was administered with food, the difference between the two formulas was not observed, while the 25(OH)D3 differences were non-significant and did not allow for any specific conclusions. Moreover, a different trial indicated that the PUFA and MUFA ratios do not influence vitamin D3 absorption [46]. Hence, it seems that to date it still is an unsolved problem whether or not the different fatty acids influence vitamin D absorption.

4.2.2. Production Process

Secondly, the surprising results could be explained by the food matrix, particularly considering that salmon sausages are highly processed food products that have undergone homogenization. The matrix may play a role as it is believed that vitamin D must be released from its food or supplement matrix to become bioaccessible, meaning it needs to be solubilized in micelles to be available for absorption [54]. However, clinical studies indicate that the matrix does not seem to influence the bioavailability of vitamin D when the matrix is bread [51], mushrooms [55], or cheese [50], compared to a supplement. Nevertheless, to the best of our knowledge, studies on the bioavailability of vitamin D from fish-based sausages have not yet been conducted. Additionally, unlike the mentioned studies [50,51,55] that compared the bioavailability of vitamin D from food products with its bioavailability from a supplement, the present study compared two different food products rather than a supplement. Interestingly, in the mushroom bioavailability study [55], lyophilized and homogenized mushrooms were used, while the bioavailability of vitamin D from fresh nonlyophilized mushrooms was not conclusive, which might suggest that the process of lyophilization and homogenization was essential concerning vitamin D bioavailability from the mushrooms. This corresponds to the fact that in the present intervention salmon sausages, which are homogenized during the production, were far more efficacious than smoked salmon.

Not only may the homogenization of salmon sausages have influenced vitamin D availability, but also the applied thermal treatment may have had an impact. A study assessing the impact of various cooking methods of pork products on vitamin D content showed that the vitamin D3 concentration was highest in raw and cooked sausage compared to minced meat and loin, as well as that the vitamin D activity was also highest in cooked sausage [56]. What is more, vitamin D3 concentrations as well as vitamin D activity increased for all cooking treatments, probably owing to water/fat loss. However, in the present study, while vitamin D3 concentrations ($\mu\text{g/g}$) were not the same in smoked salmon and salmon sausage, the daily portion of the product was of such a size to provide a similar (around 5 μg) vitamin D3 amount. Whether or not cooking, which was allowed in the present study, could have impacted the results also seems unclear, as some studies show that vitamin D retention after cooking is higher than in raw products [56], while others show that the retention decreases after cooking treatments [57].

Importantly, when vitamin D3 content in food is assessed, the analyzed samples are usually homogenized [51,55–57], which is also true in the case of fish [58]. Therefore, the much better results from consuming salmon sausage compared to smoked salmon could be explained by the fact that the assessed vitamin D content in smoked salmon may not reflect the amount of vitamin D that is bioavailable for humans, as the product is not homogenized before eating. Not everyone bites and chews thoroughly enough to ensure that the product is fully homogenized before swallowing. In contrast, salmon sausages are already homogenized before consumption. It is known that vitamin D3 can only be absorbed when it is dissolved in small enough particulates that can pass the mucus layer [59]. Also, it is hypothesized that protein-digesting enzymes such as pepsin and trypsin play a crucial role in vitamin D absorption by breaking down vitamin D binding proteins found in food, thereby aiding in its release. In the duodenum, however, digestive

enzymes such as amylases, lipase, and protease continue to facilitate the release of vitamin D from the food matrix [60].

Homogenized products offer a greater surface area for digestive enzymes to work compared to non-homogenized ones. That is why, despite no rigid proof, it is probable that the homogenization process being part of salmon sausage production might be a factor in improving vitamin D bioavailability and hence in improving 25(OH)D in blood, as the actual available amount of vitamin D₃ is higher from salmon sausages than from smoked salmon despite what laboratory analyses indicate. However, no studies concerning the effect of product homogenization on vitamin D bioavailability have been conducted so far; therefore, it is only a hypothesis. What is stated by other scientists, however, is that there is limited research on how the complexity of the food matrix affects the absorption and bioavailability of vitamin D and that more studies are needed to better understand it [60].

4.2.3. Frequency of Consuming the Intervention Product

Participants were allowed to either eat the daily portion of the intervention product every day or to eat twice the daily portion every second day. It was noted that participants from the salmon sausage group consumed the intervention product more often on a daily basis compared to participants from the smoked salmon group. This might help explain the observed results, as the actual dose of vitamin D was more often 5 µg daily in the salmon sausage group, while it was typically 10 µg every second day in the smoked salmon group. There are signals that the conversion rate to 25(OH)D may be slower in subjects receiving large doses of vitamin D [61], which, with the above-mentioned analysis, might suggest that providing the body with smaller amounts of vitamin D but more frequently may be more effective in improving 25(OH)D status than bigger amounts but less frequently. This could help clarify the results from the present study, as salmon sausages, which were consumed more often daily, therefore providing smaller amounts of vitamin D but more frequently, were found to be more efficient than smoked salmon, which was more often consumed every second day, providing larger amounts of vitamin D but less frequently.

4.2.4. Dietary Habits Before Intervention

Analyses concerning fish intake among the participants indicated that while the weekly intake of fish and fish products at baseline (before the intervention) did not differ between the groups, more participants from the salmon sausage group complied with the recommendation to consume at least 150 g of fish and fish products weekly than participants from the smoked salmon and the control group. This and the fact that the intervention was far more effective among participants from the salmon sausage group compared to those from the smoked salmon group might indicate that consuming at least 150 g of fish weekly before the intervention might have somehow improved vitamin D absorption and bioavailability during the intervention. To the best of our knowledge, the concept that one's gut/body might adapt to learn how to digest food products or absorb/metabolize vitamin D has not been described in literature yet. However, there are indications that some digestive enzymes adapt to the diet [62]. Therefore, some enzymes involved in the digestion of salmon may also be adaptive. If that is the case, the activity of these enzymes might be higher among people who habitually comply with fish intake recommendations (like in the case of the participants from the salmon sausage group).

Similarly, when analyzing the number of participants whose 25(OH)D serum concentration increased or was maintained compared to those whose levels decreased during different study periods, the *p*-value indicates that while only a non-significant but close-to-statistically-significant difference was observed during the first 4 weeks of the intervention, a significant difference emerged during the final 4 weeks (from w5 to w9). Specifically, a larger proportion of individuals in the salmon sausage group showed an increase or maintenance of 25(OH)D levels compared to the control group, with a similar non-significant but close-to-statistically-significant difference noted when comparing the smoked salmon group to the control group. This might be related to the time of the year when the study was

conducted, namely autumn, a period during which vitamin D is no longer synthesized in the skin in Poland [10] and must be obtained through diet or stored reserves. However, to the best of our knowledge, little is known about specific physiological processes occurring in the human body during this time.

4.2.5. Physiological Explanation Connected to Vitamin D Metabolism in the Body

Upon entry into the human body, either through cutaneous synthesis or dietary intake, vitamin D binds to vitamin D-binding protein (VDBP), enabling its transport through the circulatory system, either directly to hepatic tissue or to be stored in adipocytes [63]. The liver is the primary site for the first phase of vitamin D metabolism, namely 25-hydroxylation, which converts vitamin D to 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D), the form quantified in the present study [64]. Although recent findings suggest other tissues may contribute to this process, the enzyme CYP2R1 remains the principal 25-hydroxylase in the hepatic metabolism of vitamin D [65]. Subsequently, 25(OH)D is metabolized by the enzyme CYP27B1 to 1,25-dihydroxyvitamin D (1,25(OH)₂D), which occurs principally in the kidney. This form is responsible for the majority of vitamin D hormonal activity and biological actions [65]. The concentration of 1,25(OH)₂D is tightly regulated by CYP24A1, a 24-hydroxylase enzyme, which is up-regulated by 1,25(OH)₂D to promote its own catabolism [65], as well as the catabolism of 25(OH)D [64].

The renal production of 1,25(OH)₂D is known to be tightly regulated and inhibited by factors such as calcium and phosphate [65]. Even a slight decrease in extracellular fluid calcium, for instance, after an overnight fast, can trigger a cascade of biological processes that may also affect vitamin D metabolism [66]. Furthermore, since magnesium plays a critical role in the transport of vitamin D and the hydroxylation steps required to produce both 25(OH)D and 1,25(OH)₂D, as it functions as a cofactor, magnesium deficiency may impair vitamin D activation [67].

Therefore, it can be hypothesized that the proportion of vitamin D transported to the liver and subsequently converted to 25(OH)D, detectable in blood tests, may have been influenced by other hepatic metabolic pathways modulated by various food-derived nutrients. Additionally, the participants' 25(OH)D concentration could have been affected by the concentrations of 1,25(OH)₂D, which were not measured in the current study. Furthermore, some of the vitamin D absorbed from the salmon products may have been directly transported to and stored in adipose tissue, rather than serving as a substrate for 25(OH)D hydroxylation in the liver, and thus not detected in blood tests. According to Heaney et al. [68], vitamin D stored in adipose tissue is estimated to account for approximately 17% of the administered dose, with significant individual variation, which underscores the importance of considering individual differences.

4.3. Baseline 25(OH)D Serum Concentration as an Important Factor for the Intervention Efficacy

The results from the present study indicate that the baseline 25(OH)D is a factor that should be taken into consideration when assessing the efficacy of a vitamin D-focused dietary intervention. In the salmon sausage group, where the intervention was more efficacious compared to the smoked salmon group, a mean increase in 25(OH)D serum concentration was observed after 4 weeks among participants with a baseline 25(OH)D serum concentration below 50 nmol/L (indicative of inadequate vitamin D status). In contrast, a decrease was noted among those with baseline 25(OH)D serum concentrations of 50 nmol/L or higher (adequate vitamin D status). Over the whole intervention period (from week 0 to week 9), decreases were observed in the salmon sausage group regardless of the baseline 25(OH)D status. However, the decreases were more pronounced among participants with an adequate baseline vitamin D status compared to those with an inadequate baseline vitamin D status.

In the smoked salmon group, a non-significant but close-to-statistically-significant difference was observed concerning the change in 25(OH)D serum concentration from w0 to w9 depending on the baseline vitamin D status. The median decrease among

participants with an adequate baseline vitamin D status was greater than among those with an inadequate vitamin D status at baseline. In the control group, the decreases in 25(OH)D serum concentration were similar across both baseline vitamin D status groups. These findings suggest that dietary interventions aiming at increasing vitamin D intake, like the one in this study, are more effective among individuals with inadequate vitamin D status. Therefore, the recommendation to consume more vitamin D-rich fish may be especially important and beneficial for individuals with low 25(OH)D serum concentrations.

Moreover, another benefit related to increasing vitamin D-rich fish intake might also be the improvement of dermatological health, such as the condition of complexion, hair, and nails, which were reported by some of the study participants despite not being the aim of the present study. These observations can be explained by other studies indicating the essential beneficial role of omega-3 fatty acids and vitamin D, both present in salmon [69], in dermatological conditions [70,71].

Other studies also confirm that interventions induce greater changes in 25(OH)D levels when starting from low baseline concentrations compared to high baseline levels [72]. In the previously cited single-blind bioavailability study by Natri et al. [51], a negative correlation was observed between the initial 25(OH)D serum concentration and the increase in 25(OH)D serum concentration, indicating that supplementation and food fortification were more effective in individuals with initial low vitamin D levels. Additionally, some studies on moderate vitamin D supplementation are designed to include only participants with low baseline 25(OH)D levels to ensure the experiment demonstrates a measurable difference [55].

However, individual differences cannot be forgotten. In the current study, there were participants in both intervention groups whose 25(OH)D levels increased after 4 and 8 weeks of the intervention despite having adequate baseline vitamin D status, as well as participants whose 25(OH)D levels decreased despite having inadequate baseline vitamin D status.

4.4. Strengths and Limitations of the Study

The major strength of the study is its evaluation of the impact of adhering to fish consumption recommendations on vitamin D status in autumn within a real-life context, unlike many studies that assess such impacts using unrealistically large fish portions, which are much higher than the minimal recommended amounts [27]. Additionally, the study included participants with both adequate and inadequate baseline 25(OH)D concentrations, reflecting typical societal variations. Furthermore, it is the first study to examine the influence of salmon sausage intake on vitamin D status and the first to compare the effects of increasing the consumption of the same fish species, namely salmon, in two different forms. Notably, 25(OH)D decreases were observed not only in the control group but also in the intervention group. Despite similar vitamin D intakes and no cutaneous vitamin D synthesis, the study found that the efficacy of the intervention was significantly higher with salmon sausage compared to smoked salmon. These findings are unique and contribute valuable insights.

Despite the novel observations from the conducted study, some limitations should be noted. First, participants were permitted to consume the intervention products either daily, also in multiple portions, or every other day, and at any meal they preferred. Given the significant differences in the intervention efficacy between the two groups, it might have been beneficial to impose more rigid consumption rules to better understand the causes of these differences. However, the decision to allow more flexibility was made to assess the impact of increasing fish intake to recommended levels on vitamin D status in a real-life context. Additionally, because vitamin D is fat-soluble [45] and stored in fat tissue, it is believed by some authors that daily consumption is not necessary [73]. Moreover, the flexible consumption rules likely enhanced intervention compliance, as reported by the participants.

Another limitation is the relatively short intervention period of 8 weeks. Given the surprising results, a longer intervention might have provided a deeper insight into the effect of increased vitamin D-rich fish consumption on 25(OH)D levels in autumn. However, a meta-analysis indicated that even a 4-week intervention is sufficient to observe differences in vitamin D status [27]. Also, it seems that longer-lasting interventions should be planned differently, as three-quarters of the participants from the salmon sausage group expressed feeling bored with the taste and texture of the daily consumed product and were relieved that the intervention lasted only 8 weeks. Additionally, the drop-out rate due to non-adherence to the intervention from this group was much higher than from the smoked salmon and the control group.

What is more, since fat intake seems to influence vitamin D bioavailability or absorption [45], it would have been beneficial to assess the participants' fat intake, including different fatty acids, both in the meal containing the intervention product and throughout the day. However, a precise analysis of fat intake is challenging, as fat is often consumed unconsciously due to the addition of fat during meal preparation. Last but not least, due to indications that high physical activity may result in lower 25(OH)D concentrations despite higher vitamin D intakes [74], possibly due to 1,25(OH)₂D utilization in muscle recovery [75], it might have been beneficial to assess the participants' physical activity. However, it seems that these differences concern males and not females [74]; therefore, since the participants in the present study were females, physical activity has probably not been a distinguishing factor concerning the efficacy of the intervention.

4.5. Recommendations for Maintaining Adequate Vitamin D Status

Interestingly, some guidelines such as the Polish ones [17] recommend vitamin D supplements for all age groups and during the whole year and do not highlight the importance of the main and natural sources of vitamin D, namely skin synthesis and food products. To the best of our knowledge, they are the only recommendations that seem to ignore the natural sources of vitamin D. However, others such as the French, the Dutch, the German–Austrian–Swiss (DACH), and the Finnish ones primarily underline the skin synthesis and the diet as sources of vitamin D [76–79] and state that vitamin D supplementation should be considered when diet does not provide sufficient amounts of vitamin D [79] or when skin synthesis is lacking [78]. The Finnish underline that unnecessary vitamin D supplementation should be avoided [79], while the DACH recommendations indicate that healthy adults with frequent sun exposure may achieve the recommended vitamin D status without the use of vitamin D supplements [78], and the French that through sun exposure and food ensuring an adequate vitamin D status is possible [76]. Because vitamin D is more bioaccessible from food products than from supplements [30]—often requiring much higher supplement doses than the recommended dietary intakes—and because fatty fish provide not only vitamin D but also essential and often deficient omega-3 fatty acids [69], it does seem more beneficial to recommend increasing fatty fish consumption rather than immediately turning to vitamin D supplements.

However, in view of the findings of the current VISA 2 study, it seems that to maintain adequate vitamin D status when sunlight is insufficient for cutaneous vitamin D synthesis, the fatty fish intake must be higher than 175 g weekly.

4.6. Proposed Directions for Future Research

In light of the unexpected results that the intervention was more effective when salmon sausages were consumed compared to smoked salmon, and considering the mixed results of research on fish intake and vitamin D status [27], further investigation is needed to determine optimal fish species, quantities, and forms for maintaining adequate 25(OH)D levels in regions with insufficient sunlight for cutaneous vitamin D synthesis during autumn and winter [10,15].

Moreover, given that a significant portion of fish on the market is farmed, with farmed salmon representing 80% of the global supply [80], and considering that wild

fish usually have a higher vitamin D content compared to farmed fish [32], as well as higher concentrations of EPA and DHA despite lower fat content [81], the origin of the fish should also be taken into account in future studies. Additionally, with many fish stocks being fully fished or overfished, placing substantial pressure on wild populations [82], and acknowledging that mushrooms can also be a good source of vitamin D [55], as well as the growing popularity of plant-based diets [83], research into the vitamin D content of commercially available mushrooms should also be explored.

5. Conclusions

Despite increasing salmon intake to the recommended levels of weekly fish consumption and consequently raising vitamin D intake, vitamin D status could not be maintained during the autumn 8-week dietary intervention among young women. Serum concentrations of 25(OH)D decreased in both of the two intervention groups. However, the decrease in 25(OH)D was significantly smaller in the salmon sausage group compared to the smoked salmon and the control group. Surprisingly, the decrease after the intervention did not differ between the smoked salmon and the control group. These results suggest that the intervention was far more effective when salmon sausages were consumed rather than smoked salmon, despite both providing similar quantities of vitamin D and a higher total vitamin D intake in the smoked salmon group. Possible explanations include the higher fat content in salmon sausages compared to smoked salmon, the fact that salmon sausages were homogenized while smoked salmon was not, as well as other factors that may have influenced the metabolism of 25(OH)D.

Also, smaller decreases in 25(OH)D were observed among participants with an inadequate baseline vitamin D status compared to those with an adequate vitamin D status. Therefore, it might be concluded that incorporating salmon sausages into the daily diet may aid slow down the natural decline of 25(OH)D in autumn in young women, especially those with very low 25(OH)D concentrations. However, the study also indicates that individual differences cannot be forgotten. Further research is needed to explain the observed differences as it seems that there might be other, not-yet-fully-understood factors, which influence vitamin D absorption and/or metabolism.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/nu16203565/s1>, Table S1: Detailed analysis of the daily intake of fish species grouped based on their vitamin D content, the daily intake of fish products, and the total daily fish and fish products intake across the different study groups at baseline, during the 4 first weeks and the last 4 weeks of the intervention; Table S2: The number of participants whose 25(OH)D serum concentration increased or was maintained compared to those whose 25(OH)D decreased during the different study periods with both intervention groups combined.

Author Contributions: Conceptualization, Z.U.-K. and D.G. (Dominika Głowska); methodology, Z.U.-K., D.G. (Dominika Głowska) and D.G. (Dominika Guzek); investigation, Z.U.-K.; writing—original draft preparation, Z.U.-K.; writing—review and editing, Z.U.-K., D.G. (Dominika Głowska) and D.G. (Dominika Guzek). All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The research was funded by a grant “Interactive influence of dietary vitamin D supply on the parameters of the quality of life (QoL/HRQoL) in young women, depending on the food neophobia and disgust levels, as well as blood cholecalciferol level” NCN Miniatura 5—DEC-2021/05/X/NZ9/00718 and by the Polish Ministry of Education and Science within the funds of the Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS), for scientific research.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of the Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences of the Warsaw University of Life Sciences (No. 27/2018, approval date: 29 October 2018) and the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (No. 2/2021, approval date: 20 January 2021).

Informed Consent Statement: Written informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data is available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to ethical reasons.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

- Rebelos, E.; Tentolouris, N.; Jude, E. The role of vitamin D in health and disease: A narrative review on the mechanisms linking vitamin D with disease and the effects of supplementation. *Drugs* **2023**, *83*, 665–685. [CrossRef] [PubMed]
- Lips, P.; van Schoor, N.M. The effect of vitamin D on bone and osteoporosis. *Best. Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab.* **2011**, *25*, 585–591. [CrossRef] [PubMed]
- Segheto, K.J.; Pereira, M.; Da Silva, D.C.G.; De Carvalho, C.J.; Massardi, F.R.; Kakehasi, A.M.; Ju-vanhoh, L.L.; Longo, G.Z. Vitamin D and bone health in adults: A systematic review and meta-analysis. *Cien. Saude Colet.* **2021**, *26*, 3221–3244. [CrossRef] [PubMed]
- Zhang, Y.; Tan, H.; Tang, J.; Li, J.; Chong, W.; Hai, Y.; Feng, Y.; Lunsford, L.D.; Xu, P.; Jia, D.; et al. Effects of vitamin D supplementation on prevention of type 2 diabetes in patients with prediabetes: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Care* **2020**, *43*, 1650–1658. [CrossRef]
- Keum, N.; Lee, D.H.; Greenwood, D.C.; Manson, J.E.; Giovannucci, E. Vitamin D supplementation and total cancer incidence and mortality: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Ann. Oncol.* **2019**, *30*, 733–743. [CrossRef]
- Mikola, T.; Marx, W.; Lane, M.M.; Hockey, M.; Loughman, A.; Rajapolvi, S.; Rocks, T.; O’Neil, A.; Mischoulon, D.; Valkonen-Korhonen, M.; et al. The effect of vitamin D supplementation on depressive symptoms in adults: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2023**, *63*, 11784–11801. [CrossRef]
- Sartini, M.; Del Puente, F.; Oliva, M.; Carbone, A.; Bobbio, N.; Schinca, E.; Giribone, L.; Cristina, M.L. Preventive vitamin D supplementation and risk for COVID-19 infection: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients* **2024**, *16*, 679. [CrossRef]
- Jolliffe, D.A.; Camargo, C.A.; Sluyter, J.D.; Aglipay, M.; Aloia, J.F.; Ganmaa, D.; Bergman, P.; Bischoff-Ferrari, H.A.; Borzutzky, A.; Damsgaard, C.T.; et al. Vitamin D supplementation to prevent acute respiratory infections: A systematic review and meta-analysis of aggregate data from randomised controlled trials. *Lancet Diabetes Endocrinol.* **2021**, *9*, 276–292. [CrossRef]
- Christakos, S.; Dhawan, P.; Verstuyf, A.; Verlinden, L.; Carmeliet, G. Vitamin D: Metabolism, molecular mechanism of action, and pleiotropic effects. *Physiol. Rev.* **2016**, *96*, 365. [CrossRef]
- Webb, A.R.; Kline, L.; Holick, M.F. Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of vitamin D3: Exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote vitamin D3 synthesis in human skin. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1988**, *67*, 373–378. [CrossRef]
- Benedik, E. Sources of vitamin D for humans. *Int. J. Vitamin Nutr. Res.* **2022**, *92*, 118–125. [CrossRef] [PubMed]
- Kunachowicz, H.; Przygoda, B.; Nadolna, I.; Iwanow, K. *Polish Food Composition Tables [In Polish: Tabele Składu i Wartości Odżywczej Żywności]*; PZWL: Warsaw, Poland, 2017.
- Cui, A.; Zhang, T.; Xiao, P.; Fan, Z.; Wang, H.; Zhuang, Y. Global and regional prevalence of vitamin D deficiency in population-based studies from 2000 to 2022: A pooled analysis of 7.9 million participants. *Front. Nutr.* **2023**, *10*, 1070808. [CrossRef] [PubMed]
- United States (US) National Institutes of Health. Office of Dietary Supplements Fact Sheet for Health Professionals—Vitamin D. Available online: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/> (accessed on 22 February 2024).
- Royal Osteoporosis Society Vitamin D Supplements and Tests. Available online: <https://strwebprdmedia.blob.core.windows.net/media/4jnlbtcc/ros-vitamin-d-supplements-and-tests.pdf> (accessed on 22 February 2024).
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA)). Dietary reference values for vitamin D. *EFSA J.* **2016**, *14*, e04547. [CrossRef]
- Pludowski, P.; Kos-Kudła, B.; Walczak, M.; Fal, A.; Zozulińska-Ziółkiewicz, D.; Sieroszewski, P.; Peregud-Pogorzelski, J.; Lauterbach, R.; Targowski, T.; Lewiński, A.; et al. Guidelines for preventing and treating vitamin D deficiency: A 2023 update in Poland. *Nutrients* **2023**, *15*, 695. [CrossRef]
- Cashman, K.D.; Dowling, K.G.; Škrabáková, Z.; Gonzalez-Gross, M.; Valtueña, J.; De Henauw, S.; Moreno, L.; Damsgaard, C.T.; Michaelsen, K.F.; Mølgaard, C.; et al. Vitamin D deficiency in Europe: Pandemic? *Am. J. Clin. Nutr.* **2016**, *103*, 1033–1044. [CrossRef]
- Andersen, R.; Mølgaard, C.; Skovgaard, L.T.; Brot, C.; Cashman, K.D.; Chabros, E.; Charzewska, J.; Flynn, A.; Jakobsen, J.; Karkkainen, M.; et al. Teenage girls and elderly women living in northern Europe have low winter vitamin D status. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2005**, *59*, 533–541. [CrossRef]
- Santé Publique France. Nutritional Status, Biology, Adults: ENNS Distribution Tables. Available online: <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/nutrition-et-activite-physique/articles/enns-etude-nationale-nutrition-sante/biologie-adultes-tableaux-de-distribution-enns> (accessed on 22 February 2024).
- Sewerynek, E.; Cieślak, K.; Janik, M.; Gowin, E.; Stuss, M. Evaluation of vitamin D concentration in a population of young, healthy women—The effects of vitamin D supplementation. *Endokrynol. Pol.* **2015**, *68*, 533–540. [CrossRef]

22. Lucey, A.J.; Paschos, G.K.; Cashman, K.D.; Martínéz, J.A.; Thorsdottir, I.; Kiely, M. Influence of moderate energy restriction and seafood consumption on bone turnover in overweight young adults. *Am. J. Clin. Nutr.* **2008**, *87*, 1045–1052. [CrossRef]
23. Hansen, A.L.; Dahl, L.; Bakke, L.; Frøyland, L.; Thayer, J.F. Fish consumption and heart rate variability. *J. Psychophysiol.* **2010**, *24*, 41–47. [CrossRef]
24. Manios, Y.; Moschonis, G.; Kafatos, A.; Tzanetakou, I.; Bountziouka, V.; Papadimitriou, A. Dietary intake of vitamin D, calcium, and phosphorus and the risk of osteoporosis in elderly men and women: The role of diet and supplementation. *Nutrients* **2017**, *9*, 405. [CrossRef]
25. Bratlie, M.; Hagen, I.V.; Helland, A.; Midttun, Ø.; Ulvik, A.; Rosenlund, G.; Sveier, H.; Mellgren, G.; Ueland, P.M.; Gudbrandsen, O.A. Five salmon dinners per week were not sufficient to prevent the reduction in serum vitamin D in autumn at 60° north latitude: A randomised trial. *Br. J. Nutr.* **2020**, *123*, 419–427. [CrossRef] [PubMed]
26. Utri, Z.; Głowska, D. Salmon intake intervention in the vulnerable group of young Polish women to maintain vitamin D status during the autumn season. *Sustainability* **2020**, *12*, 2829. [CrossRef]
27. Lehmann, U.; Gjessing, H.R.; Hirche, F.; Mueller-Belecke, A.; Gudbrandsen, O.A.; Ueland, P.M.; Mellgren, G.; Lauritzen, L.; Lindqvist, H.; Hansen, A.L.; et al. Efficacy of fish intake on vitamin D status: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* **2015**, *102*, 837–847. [CrossRef] [PubMed]
28. Lofstedt, A.; de Roos, B.; Fernandes, P.G. Less than half of the European dietary recommendations for fish consumption are satisfied by national seafood supplies. *Eur. J. Nutr.* **2021**, *60*, 4219–4228. [CrossRef] [PubMed]
29. Jarosz, M.; Rychlik, E.; Stoś, K.; Charzewska, J. *Nutrition Recommendations for the Polish Population and Their Application*; Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego—Państwowy Zakład Higieny: Warszawa, Poland, 2020; Available online: <https://ncez.pl/abc-zywienia-/zasadyzdrowego-zywienia/normy-zywienia-2020> (accessed on 22 February 2024).
30. Pasidi, E.; Varelziz, P. Vitamin D3 bioaccessibility from supplements and foods—Gastric pH effect using a static in vitro gastrointestinal model. *Molecules* **2024**, *29*, 1153. [CrossRef]
31. FAO/WHO. *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption: Rome, 25–29 January 2010*; FAO/WHO: Rome, Italy, 2011.
32. Jakobsen, J.; Smith, C.; Bysted, A.; Cashman, K.D. Vitamin D in wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*)—What do we know? *Nutrients* **2019**, *11*, 982. [CrossRef]
33. EN 12821: 2009-08; Foodstuffs—Determination of Vitamin D by High Performance Liquid Chromatography—Measurement of Cholecalciferol (D3) or Ergocalciferol (D2). European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 2009.
34. Temova Rakuša, Ž.; Pišlar, M.; Kristl, A.; Roškar, R. Comprehensive stability study of vitamin D3 in aqueous solutions and liquid commercial products. *Pharmaceutics* **2021**, *13*, 617. [CrossRef]
35. Taylor, P.N.; Davies, J.S. A review of the growing risk of vitamin D toxicity from inappropriate practice. *Br. J. Clin. Pharmacol.* **2018**, *84*, 1121–1127. [CrossRef]
36. International Society for Advancement of Kinanthropometry. *International Standards for Anthropometric Assessment*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Potchefstroom, South Africa, 2001; ISBN 9780868037127.
37. Nuttall, F.Q. Body mass index: Obesity, BMI, and health: A critical review. *Nutr. Today* **2015**, *50*, 117. [CrossRef]
38. Głowska, D.; Guzek, D.; Sidor, P.; Włodarek, D. Vitamin D dietary intake questionnaire validation conducted among young Polish women. *Nutrients* **2016**, *8*, 36. [CrossRef]
39. 2022—Climatological Summary. Center for Meteorological Modeling. Available online: https://modele.imgw.pl/cmm/?page_id=17143 (accessed on 5 September 2024). (In Polish).
40. 2018—Climatological Summary. Center for Meteorological Modeling. Available online: https://modele.imgw.pl/cmm/?page_id=17652 (accessed on 5 September 2024). (In Polish).
41. Statistics Poland—Demographic Yearbook of Poland 2023. Available online: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-demograficzny-2023,3,17.html> (accessed on 14 October 2024).
42. Traczyk, I.; Kucharska, A.; Sińska, B.I.; Panczyk, M.; Wronka, L.; Raciborski, F.; Szostak-Wegierek, D.; Samoliński, B. Every second adult inhabitant of Poland (aged 18–64) is overweight—Results of representative cross-sectional studies conducted in 2017–2020. *Ann. Agric. Environ. Med.* **2023**, *30*, 322–330. [CrossRef] [PubMed]
43. The Jamovi Project. jamovi (Version 2.3). 2024. Available online: <https://www.jamovi.org> (accessed on 2 April 2024).
44. Raimundo, F.V.; Faulhaber, G.A.M.; Menegatti, P.K.; Marques, L.d.S.; Furlanetto, T.W. Effect of high- versus low-fat meal on serum 25-hydroxyvitamin D levels after a single oral dose of vitamin D: A single-blind, parallel, randomized trial. *Int. J. Endocrinol.* **2011**, *2011*, 809069. [CrossRef] [PubMed]
45. Raimundo, F.V.; Lang, M.A.B.; Scopel, L.; Marcondes, N.A.; Araújo, M.G.A.; Faulhaber, G.A.M.; Furlanetto, T.W. Effect of fat on serum 25-hydroxyvitamin D levels after a single oral dose of vitamin D in young healthy adults: A double-blind randomized placebo-controlled study. *Eur. J. Nutr.* **2015**, *54*, 391–396. [CrossRef] [PubMed]
46. Dawson-Hughes, B.; Harris, S.S.; Lichtenstein, A.H.; Dolnikowski, G.; Palermo, N.J.; Rasmussen, H. Dietary fat increases vitamin D-3 absorption. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2015**, *115*, 225–230. [CrossRef] [PubMed]
47. Dawson-Hughes, B.; Harris, S.S.; Palermo, N.J.; Ceglia, L.; Rasmussen, H. Meal conditions affect the absorption of supplemental vitamin D3 but not the plasma 25-hydroxyvitamin D response to supplementation. *J. Bone Miner. Res.* **2013**, *28*, 1778–1783. [CrossRef]

48. Reboul, E.; Borel, P. Proteins involved in uptake, intracellular transport and basolateral secretion of fat-soluble vitamins and carotenoids by mammalian enterocytes. *Prog. Lipid Res.* **2011**, *50*, 388–402. [CrossRef]
49. Tangpricha, V.; Koutkia, P.; Rieke, S.M.; Chen, T.C.; Perez, A.A.; Holick, M.F. Fortification of orange juice with vitamin D: A novel approach for enhancing vitamin D nutritional health. *Am. J. Clin. Nutr.* **2003**, *77*, 1478–1483. [CrossRef]
50. Wagner, D.; Sidhom, G.; Whiting, S.J.; Rousseau, D.; Vieth, R. The bioavailability of vitamin D from fortified cheeses and supplements is equivalent in adults. *J. Nutr.* **2008**, *138*, 1365–1371. [CrossRef]
51. Natri, A.M.; Salo, P.; Vikstedt, T.; Palssa, A.; Huttunen, M.; Kärkkäinen, M.U.M.; Salovaara, H.; Piironen, V.; Jakobsen, J.; Lamberg-Allardt, C.J. Bread fortified with cholecalciferol increases the serum 25-hydroxyvitamin D concentration in women as effectively as a cholecalciferol supplement. *J. Nutr.* **2006**, *136*, 123–127. [CrossRef]
52. Holmberg, I.; Aksnes, L.; Berlin, T.; Lindbäck, B.; Zemgals, J.; Lindeke, B. Absorption of a pharmacological dose of vitamin D3 from two different lipid vehicles in man: Comparison of peanut oil and a medium chain triglyceride. *Biopharm. Drug Dispos.* **1990**, *11*, 807–815. [CrossRef]
53. Niramitmahapanya, S.; Harris, S.S.; Dawson-Hughes, B. Type of dietary fat is associated with the 25-hydroxyvitamin D3 increment in response to vitamin D supplementation. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2011**, *96*, 3170–3174. [CrossRef] [PubMed]
54. Borel, P.; Caillaud, D.; Cano, N.J. Vitamin D bioavailability: State of the art. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2015**, *55*, 1193–1205. [CrossRef] [PubMed]
55. Outila, T.A.; Mattila, P.H.; Piironen, V.I.; Lamberg-Allardt, C.J. Bioavailability of vitamin D from wild edible mushrooms (*Cantharellus tubaeformis*) as measured with a human bioassay. *Am. J. Clin. Nutr.* **1999**, *69*, 95–98. [CrossRef] [PubMed]
56. Neill, H.R.; Gill, C.I.R.; McDonald, E.J.; McRoberts, W.C.; Loy, R.; Pourshahidi, L.K. Impact of cooking on vitamin D3 and 25(OH)D3 content of pork products. *Food Chem.* **2022**, *397*, 133839. [CrossRef]
57. Jakobsen, J.; Knuthsen, P. Stability of vitamin D in foodstuffs during cooking. *Food Chem.* **2014**, *148*, 170–175. [CrossRef]
58. Lu, Z.; Chen, T.C.; Zhang, A.; Persons, K.S.; Kohn, N.; Berkowitz, R.; Martinello, S.; Holick, M.F. An evaluation of the vitamin D3 content in fish: Is the vitamin D content adequate to satisfy the dietary requirement for vitamin D? *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* **2007**, *103*, 642–644. [CrossRef]
59. Żurek, G.; Przybyło, M.; Witkiewicz, W.; Langner, M. Novel approach for the approximation of vitamin D3 pharmacokinetics from in vivo absorption studies. *Pharmaceutics* **2023**, *15*, 783. [CrossRef]
60. Maurya, V.K.; Aggarwal, M. Factors influencing the absorption of vitamin D in GIT: An overview. *J. Food Sci. Technol.* **2017**, *54*, 3753–3765. [CrossRef]
61. Ramasamy, I. Vitamin D metabolism and guidelines for vitamin D supplementation. *Clin. Biochem. Rev.* **2020**, *41*, 103–126. [CrossRef]
62. Corring, T. The adaptation of digestive enzymes to the diet: Its physiological significance. *Reprod. Nutr. Dev.* **1980**, *20*, 1217–1235. [CrossRef]
63. Lu, S.; Cao, Z.-B. Interplay between vitamin D and adipose tissue: Implications for adipogenesis and adipose tissue function. *Nutrients* **2023**, *15*, 4832. [CrossRef] [PubMed]
64. Bikle, D.D. Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chem. Biol.* **2014**, *21*, 319–329. [CrossRef] [PubMed]
65. Bikle, D.D. Vitamin D: Production, metabolism and mechanisms of action. In *Endotext*; Feingold, K.R., Anawalt, B., Blackman, M.R., Boyce, A., Chrousos, G., Corpas, E., de Herder, W.W., Dhatariya, K., Dungan, K., Hofland, J., et al., Eds.; MDText.com, Inc.: South Dartmouth, MA, USA, 2021. Available online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278935/> (accessed on 7 October 2024).
66. Anderson, P.H.; May, B.K.; Morris, H.A. Vitamin D metabolism: New concepts and clinical implications. *Clin. Biochem. Rev.* **2003**, *24*, 13.
67. Dominguez, L.J.; Farruggia, M.; Veronese, N.; Barbagallo, M. Vitamin D sources, metabolism, and deficiency: Available compounds and guidelines for its treatment. *Metabolites* **2021**, *11*, 255. [CrossRef]
68. Heaney, R.P.; Recker, R.R.; Grote, J.; Horst, R.L.; Armas, L.A.G. Vitamin D3 is more potent than vitamin D2 in humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2011**, *96*, E447–E452. [CrossRef]
69. Khalili Tilami, S.; Sampels, S. Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* **2018**, *26*, 243–253. [CrossRef]
70. Thomsen, B.J.; Chow, E.Y.; Sapijaszko, M.J. The potential uses of omega-3 fatty acids in dermatology: A review. *J. Cutan. Med. Surg.* **2020**, *24*, 481–494. [CrossRef]
71. Januszewski, J.; Forma, A.; Zembala, J.; Flieger, M.; Tyczyńska, M.; Dring, J.C.; Dudek, I.; Świątek, K.; Baj, J. Nutritional supplements for skin health—A review of what should be chosen and why. *Medicina* **2024**, *60*, 68. [CrossRef]
72. Grant, W.B.; Boucher, B.J.; Bhattoa, H.P.; Lahore, H. Why vitamin D clinical trials should be based on 25-hydroxyvitamin D concentrations. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.* **2018**, *177*, 266–269. [CrossRef]
73. Clifford, J.; Kozil, A. Fat-Soluble Vitamins: A, D, E, and K. Colorado State University Fact Sheet No 9.315. Available online: <https://extension.colostate.edu/topic-areas/nutrition-food-safety-health/fat-soluble-vitamins-a-d-e-and-k-9-315/> (accessed on 24 September 2024).
74. Jerome, S.P.; Sticka, K.D.; Schnurr, T.M.; Mangum, S.J.; Reynolds, A.J.; Dunlap, K.L. 25(OH)D levels in trained versus sedentary university students at 64° North. *Int. J. Circumpolar Health* **2017**, *76*, 1314414. [CrossRef]

75. Dahlquist, D.T.; Dieter, B.P.; Koehle, M.S. Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* **2015**, *12*, 1–12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
76. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du Travail (ANSES). Vitamin D: Why Do I Need an Adequate Intake and How Can I Make Sure I Get It? Available online: <https://www.anses.fr/en/content/vitamin-d-why-do-i-need-adequate-intake-and-how-can-i-make-sure-i-get-it> (accessed on 26 February 2024).
77. Voedingscentrum. Vitamine D. Available online: <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/vitamine-d.aspx#blokhoeveel-vitamine-d-heb-je-per-dag-nodig?> (accessed on 26 February 2024). (In Dutch).
78. German Nutrition Society. New reference values for vitamin D. *Ann. Nutr. Metab.* **2012**, *60*, 241–246. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
79. Finnish Food Authority—Ruokavirasro. Special Instructions and Restrictions. Vitamin D Supplementation. Available online: <https://www.ruokavirasto.fi/en/foodstuffs/healthy-diet/nutrition-and-food-recommendations/special-instructions-and-restrictions/> (accessed on 26 February 2024).
80. Ziegler, F.; Hilborn, R. Fished or farmed: Life cycle impacts of salmon consumer decisions and opportunities for reducing impacts. *Sci. Total. Environ.* **2023**, *854*, 158591. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
81. Jensen, I.J.; Eilertsen, K.E.; Otnæs, C.H.A.; Mæhre, H.K.; Elvevoll, E.O. An update on the content of fatty acids, dioxins, PCBs and heavy metals in farmed, escaped and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods* **2020**, *9*, 1901. [[CrossRef](#)]
82. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*; UN: Rome, Italy, 2016; ISBN 9789210474559.
83. Wang, T.; Masedunskas, A.; Willett, W.C.; Fontana, L. Vegetarian and vegan diets: Benefits and drawbacks. *Eur. Heart J.* **2023**, *44*, 3423–3439. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Warszawa, 11.09.2025

Zofia Utri-Khodadady

zofia_utri@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

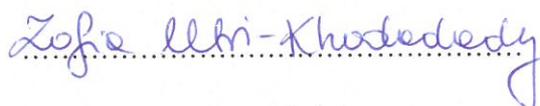
Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D, Guzek D. **Effect of consuming salmon products on vitamin D status of young Caucasian women in autumn – A randomized 8-week dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) intervention study.** *Nutrients*. 2024; 16(20): 3565

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania, przeprowadzeniu badania, zarządzaniu danymi, analizie statystycznej danych, przygotowaniu manuskryptu oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu (wiodący udział),

co stanowi **ok. 65%** całej pracy.



Podpis

Warszawa, 11.09.2025

Dominika Głabska

dominika_glabska@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnia**

**Szkoły Główniej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

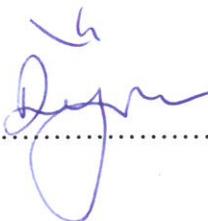
Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D, Guzek D. **Effect of consuming salmon products on vitamin D status of young Caucasian women in autumn – A randomized 8-week dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) intervention study.** *Nutrients.* 2024; 16(20): 3565

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania, analizie statystycznej danych oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu,

co stanowi **ok. 30%** całej pracy.


.....
Podpis

Warszawa, 11.09.2025

Dominika Guzek

dominika_guzek@sggw.edu.pl

Katedra Badań Rynku Żywności i Konsumpcji

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D, Guzek D. **Effect of consuming salmon products on vitamin D status of young Caucasian women in autumn – A randomized 8-week dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) intervention study.** *Nutrients*. 2024; 16(20): 3565

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu,

co stanowi **ok. 5%** całej pracy.



Podpis

Article

Effects of Increasing Farmed Salmon Intake to the Recommended Fish-Intake Amounts on Lipid Profile in Young Women: An 8-Week Intervention Study

Zofia Utri-Khodadady  and Dominika Głabska * 

Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), 159C Nowoursynowska Street, 02-776 Warsaw, Poland; zofia_utri@sggw.edu.pl

* Correspondence: dominika_glabska@sggw.edu.pl; Tel.: +48-22-593-71-26

Abstract: Background/Objectives: Habitual dietary changes that could help reduce the potential consequences of excessive body mass, such as hyperlipidemia and increased cardiovascular disease risk, are needed. The aim of this study is to assess the impact of a farmed-salmon-based dietary intervention on lipid profile parameters in young women with excessive body mass. Methods: The 8-week intervention involved 38 pair-matched women aged 18–30 years with excessive body weight defined as BMI ≥ 25.0 kg/m². Participants were randomly assigned to the intervention (200 g of smoked salmon weekly) or the control group. Lipid profile parameters (total cholesterol (TC), high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL), triglycerides (TAG)), as well as atherogenic indices (Atherogenic Index of Plasma (AIP), Atherogenic Coefficient (AC), Cholesterol Index (Cholindex), Castelli Risk Index 1 (CRI-1), Castelli Risk Index 2 (CRI-2) and the TAG/HDL ratio) were assessed before, during, and after the intervention. Results: At baseline, 47% of participants had at least one of the lipid profile parameters outside the recommended range. No statistically significant differences were observed in the TC, HDL, non-HDL, LDL, or TAG concentrations or in the various atherogenic indices between the intervention and the control group after the 8-week-long intervention. However, differences in the change of the LDL concentration were noted, with a decrease of 8.2 ± 20.7 mg/dL in the intervention group compared to an increase of 9.5 ± 20.0 mg/dL in the control group ($p = 0.011$), as well as in the change of the Cholindex for which a median decrease of 4.4 mg/dL was noted in the intervention group, while a median increase of 0.8 mg/dL in the control group was observed ($p = 0.040$). Additionally, across participants with a waist-to-height ratio (WHtR) greater than 0.5, an increase of 50.0 ± 68.3 mg/dL in the intervention group and a decrease of 8.6 ± 56.6 mg/dL in the control group was noted for the TAG concentration change ($p = 0.040$). Conclusions: Concerning the observed beneficial influence of increasing farmed salmon intake to the recommended fish-intake amounts on decreasing LDL and Cholindex in young women with excessive body weight after 8 weeks, it seems that such a diet alteration might be recommended for this group to decrease their risk of cardiovascular disease in the future. Nonetheless, regarding the diverse influence on TAG, further studies are needed to assess the influence of increasing the intake of fatty fish available on the market at present on human health.

Keywords: smoked salmon; *Salmo Salar*; finfish; dietary intervention; fish recommendations; omega-3; EPA; DHA; cholesterol level; atherogenic index; cardiovascular disease



Citation: Utri-Khodadady, Z.; Głabska, D. Effects of Increasing Farmed Salmon Intake to the Recommended Fish-Intake Amounts on Lipid Profile in Young Women: An 8-Week Intervention Study. *Nutrients* **2024**, *16*, 4051. <https://doi.org/10.3390/nu16234051>

Academic Editor: Alan Stewart

Received: 31 October 2024

Revised: 21 November 2024

Accepted: 23 November 2024

Published: 26 November 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

According to the statistics of the World Health Organization (WHO), excessive body mass is a global and still growing problem, as, based on data for 2022, globally, 2.5 billion adults are overweight and 890 million adults are obese; since 1990, the share of obese adults has more than doubled [1]. Excessive body mass leads to an increased prevalence of various health problems, with diabetes mellitus, cardiovascular diseases (CVD), hypertension, and

hyperlipidemia being among the most significant consequences [2]. Recent meta-analyses have confirmed these risks across various populations, highlighting the increased likelihood of developing diabetes mellitus [3], CVD [4], and hypertension [5] in overweight and obese individuals, as well as positive changes in serum lipid levels following body mass reduction [6]. Moreover, a joint expert review of the Obesity Medicine Association (OMA) and the National Lipid Association (NLA), published in 2024 [7], emphasized that the indicated problems are linked with one another, as excessive body mass promotes hyperlipidemia, which is partly responsible for CVD development, while diabetes mellitus [8] and hypertension were previously indicated among other contributing factors [9].

It is important to note the higher prevalence of obesity in females compared to males, as well as the increasing incidence of excessive body mass with age, peaking between 50 and 65 years [10]. However, young adult women experience the highest rate of weight gain compared to other age groups, which is attributed to lifestyle changes, the transition to and through university education, and the use of contraceptives [11].

Given the associated health risks, there is a need for comprehensive dietary recommendations that could help reduce not only excessive body mass but also its potential consequences, such as hyperlipidemia, hypertension, and CVD incidence. The American Heart Association (AHA) explicitly includes fish and seafood in its guidelines, highlighting their role in combating some of these health risks. According to the AHA [12], consuming 2–3 servings of fish per week is associated with reduced mortality and a lower incidence of CVD, including coronary heart disease, myocardial infarction, stroke, and heart failure [13,14]. Additionally, the recent FAO/WHO background document on the risks and benefits of fish consumption indicates that there is evidence of an association between fish intake and reduced risk of CVD [15]. These benefits are primarily attributed to long-chain omega-3 fatty acids found in fish, particularly when fish replaces other animal-based products high in saturated fats [16].

However, a systematic analysis by Micha et al. [17], which included data from 266 countries gathered for over 20 years, revealed significant international variation in mean fish intake. This resulted in a wide range of seafood-derived omega-3 fatty acids consumption, that is, eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) [18] consumption, from as low as 5 mg to as high as 3886 mg per day. Furthermore, the analysis indicated that only 45 countries had mean seafood-derived omega-3 fatty acid intakes that met the current guidelines of over 250 mg per day, a benchmark set by the European Food Safety Authority (EFSA) based on an analysis of national nutritional guidelines [19]. Notably, in 100 countries representing over 66% of the global adult population, the mean intake of seafood-derived omega-3 fatty acids was alarmingly low, at less than 100 mg per day. In Poland, the intake is only slightly higher, with an estimated average of 107 mg per day [17].

In recent years, various studies assessing the association between fish intake and CVD risk [20], as well as the impact of increasing fatty fish intake on lipid biomarkers [21], have been conducted. According to a pooled analysis of 4 international cohort studies of almost 200,000 people from 58 countries by Mohan et al. [20], fish intake of at least 175 g per week is associated with a lower risk of major CVD among patients with prior CVD, while according to a meta-analysis of 14 intervention trials of more than 1300 individuals by Alhassan et al. [21], consuming oily fish led to significant improvements in triglycerides and high-density lipoprotein levels. What should be noted, however, is that the mean age of the participants in the study by Mohan et al. [20] was 54.1 ± 8.0 years, and it concerned patients with prior CVD, while the meta-analysis by Alhassan et al. [21], despite including studies also conducted among young individuals and those with overweight and obesity, included studies published only until 2014. This is of importance, as it is indicated that in recent years, the diets given to farmed fish, such as salmon, have changed toward more plant-based, which is known to result in decreased sum of EPA and DHA (EPA + DHA) and increased omega-6 fatty acids [22], which might alter the effects of increasing the

consumption of fish on human health at present. Therefore, new intervention studies with fish available on the market now are needed.

As described above, such new studies should particularly focus on young women [10], who experience the highest weight gain rate compared to other age groups [11] and are, therefore, vulnerable to the risks and consequences of CVD in the future. In light of this, the aim of the study was to assess the impact of a farmed-salmon-based dietary intervention on lipid profile parameters of young women with excessive body mass.

2. Materials and Methods

2.1. General Information

The study was carried out at the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), Poland. It followed the principles outlined in the Declaration of Helsinki and received approval from the Ethics Committee of the Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences of the Warsaw University of Life Sciences (No. 27/2018) and the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of the Interior and Administration in Warsaw (No. 2/2021). Written informed consent for participation in the study and all its procedures was collected from all study participants, and they were informed that they could withdraw at any time. The study procedures were conducted from November 2021 to February 2022, while the intervention lasted 8 weeks (from December 18 to February 11).

2.2. Studied Group

The recruitment for the study was conducted using the convenience sampling method. Invitations to participate were shared through university social media channels, and snowball sampling was also employed to enhance recruitment. The inclusion criteria were as follows: females aged 18–30, classified as overweight or obese (defined as Body Mass Index (BMI) ≥ 25.0 kg/m² [23]), residing in Warsaw or its surroundings (to facilitate multiple visits to the Dietetic Outpatient Clinic at the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW)), and providing written informed consent. Exclusion criteria included pregnancy, lactation, adherence to a vegan or any fish-excluding diet, allergies to fish or seafood, and using omega-3 supplements.

2.3. Dietary Intervention

The intervention involved the consumption of 200 g of smoked salmon weekly in order to increase the omega-3 fatty acids intake (especially the EPA and DHA). The smoked salmon was produced from farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*), a species classified in a FAO/WHO expert consultation as ranking in the first and second groups for having the lowest concentrations of mercury and dioxins, respectively [24]. Additionally, it is high in EPA and DHA, which led the FAO/WHO to conclude that the benefits of consuming farmed Atlantic salmon outweigh the potential risks posed by these contaminants [24].

The consumption of 200 g of salmon per week aligns with fish intake recommendations, which in most European countries and the United States of America are approximately 150–300 g weekly [25]. This amount was also determined to be potentially easily incorporated into a habitual diet.

It was decided to use smoked, not fresh, salmon due to the longer shelf-life of smoked salmon, as well as the fact that smoked salmon can be consumed without any thermal processing; hence, its regular consumption is easier and quicker compared to the consumption of fresh salmon.

The smoked salmon used in the study came from a single producer, Suempol Polska Ltd., one of Poland's leading salmon sellers. The salmon, sourced from Norway, was obtained from the same batch and packaged in identical sliced trays with modified atmosphere packaging. The ingredients of the smoked salmon used in the intervention were Atlantic salmon (*Salmo salar*) and salt.

Due to the large variations in the different fatty acids found in salmons [26,27], their content in the used product was measured by GBA Polska—a Polish food testing laboratory (accreditation number AB 1095 [28]; accredited since October 2009). The nutritional value of the smoked salmon used in the intervention is presented in Table 1. The average daily portion of smoked salmon based on 200 g per week (approximately 28.6 g) provided around 50 kcal, 5.8 g of protein, and 2.8 g of fat, including 403 mg of omega-3 fatty acids, out of which the EPA + DHA amounted to 174 mg, which corresponds to 69.6% of the daily 250 mg recommended by the EFSA [19].

Table 1. Nutritional value of the smoked salmon used in the intervention per 100 g.

100 g of Smoked Salmon	
Energy, kcal	176
Fat, g	9.87
SFA, g	1.70
MUFA, g	5.23
PUFA, g	2.94
Omega-6 fatty acids, mg	1270
Omega-3 fatty acids, mg	1410
Omega-6/omega-3 ratio	0.9
ALA (C18:3n3), mg	450
EPA (C20:5n3), mg	290
DHA (C22:6n3), mg	320
EPA + DHA, mg	610
Trans fatty acids, g	<0.1
Protein, g	20.12
Salt, g	1.67

SFA—saturated fatty acids; MUFA—monounsaturated fatty acids; PUFA—polyunsaturated fatty acids; Omega-6 fatty acids—the sum of omega-6 fatty acids; Omega-3 fatty acids—the sum of omega-3 fatty acids; ALA—alpha-linolenic acid; EPA—eicosapentaenoic acid; DHA—docosahexaenoic acid; EPA + DHA—the sum of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid.

The smoked salmon was given to the participants at no cost, as it was financed within the research, to enhance compliance with the intervention and ensure that the participants consumed fish with consistent nutritional value. The participants in the intervention group were given 200 g of smoked salmon per week, divided into four 50 g packages. Due to its long shelf-life, participants collected the products once every two weeks (receiving eight 50 g packages, i.e., 400 g in total) at the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), where the study was conducted. They were instructed to consume 4 packages (equivalent to 200 g) each week. They were allowed to consume the salmon in four separate 50 g portions on different days (50 g per day during 4 days of the week) or to divide the packages into smaller portions for daily consumption throughout the week. However, they were told not to consume more than 1 package (50 g) in one day. Additionally, to reduce bias related to omitting the consumption of the provided smoked salmon, participants filled out a daily control sheet to track their consumption of the intervention product. These records were monitored by the study researcher.

To assess the dietary intake of the participants at baseline, a three-day dietary record was used. Participants were instructed how to fill it in correctly, notably to note all foods and beverages they consumed during two weekdays (working days) and one weekend day (non-working day), while non-consecutive days characterized by a typical habitual diet were to be chosen, to specify the amounts using household measures, weight (g) or volume (mL), to include detailed information about all the products (e.g., fat % of dairy products, the type of bread, the kind of meat, the name of the shop or restaurant in case of consuming ready-to-eat meals, the brand of the beverage, etc.). When handing in the dietary records, each of them was controlled by the study researcher to make sure that they had been filled in correctly and that nothing had been omitted (e.g., snacks during

the day). Special attention was placed on fats and oils, especially the ones added to the foods during meal preparation. In the case of any missing information, it was added at that stage, while the Polish Album of Photographs of Food Products and Dishes [29] was used to estimate the portion sizes in case of any uncertainties. The dietary intake analysis was conducted using Nuvero [30]—a professional dietetic program that uses the food product database from the Polish Food Composition Tables [31] and the US Department of Agriculture (USDA) database [32] for raw products with no data in the Polish database. The following diet characteristics were calculated: energy intake (kcal/day), total protein intake (g/day), animal protein intake (g/day), plant protein intake (g/day), animal protein/plant protein ratio in the diet, fat intake (g/day), saturated fatty acids (SFA) intake (g/day), monounsaturated fatty acids (MUFA) intake (g/day), polyunsaturated fatty acids (PUFA) intake (g/day), omega-6 fatty acids intake (g/day), omega-3 fatty acids intake (g/day), omega-6/omega-3 ratio in the diet, linoleic acid (LA) intake (g/day), alpha-linolenic acid (ALA) intake (g/day), eicosapentaenoic acid (EPA) intake (mg/day), docosapentaenoic acid (DPA) intake (mg/day), docosahexaenoic acid (DHA) intake (mg/day), cholesterol intake (g/day), carbohydrates intake (g/day), glucose intake (g/day), fructose intake (g/day), sucrose intake (g/day), lactose intake (g/day), fiber intake (g/day), as well as the energy percentage from protein, fats, and carbohydrates.

Aside from the intervention, study participants were instructed to maintain their regular diets, particularly concerning fish consumption. They were advised not to intentionally remove or add fish to their meals in ways that would alter their usual eating habits. Consequently, participants in the control group were free to eat any type of fish, including salmon, as long as it naturally fit into their routine diet. Similarly, those in the intervention group could include additional fish, beyond what was provided, salmon included, but only if it aligned with their established eating patterns.

2.4. Measurements

The study comprised two parts, each lasting four weeks, to evaluate participants' status at the midpoint and after the full eight-week intervention. Lipid profiles were assessed three times: at baseline (before the intervention, w0), at midpoint (in week 5, w5), and after eight weeks (in week 9, w9). The anthropometric assessments were also conducted at baseline, at midpoint (week 5), and after eight weeks of intervention (week 9).

2.4.1. Blood Test

For the lipid profile analysis, specialized nurses at the Warsaw University of Life Sciences Health Centre collected venous blood samples, which were then analyzed in Diagnostyka S.A.—a certified medical analysis laboratory in Warsaw. For the blood collection, the participants were asked to be in a fasting state (not to eat 12 h before the blood collection, while the last meal should not have been heavy or fatty) and not to drink alcohol 12 h before the measurement. All the blood draws were in the morning, between 7:40 and 9:00 a.m.

The lipid profile analysis included the measurement of total cholesterol (TC) concentration (mg/dL), high-density lipoprotein (HDL) concentration (mg/dL), low-density lipoprotein (LDL) concentration (mg/dL), triglycerides (TAG) concentration (mg/dL), while the non-HDL concentration (mg/dL) was calculated as the difference between TC and HDL. The recommended concentrations of the analyzed lipids and lipoproteins considered normal for individuals at low risk of CVD due to the young age of the participants [33], are presented in Table 2.

Based on the obtained lipid profile results, the following atherogenic indices were calculated: Atherogenic Index of Plasma (AIP), Atherogenic Coefficient (AC), Cholesterol Index (Cholindex), Castelli Risk Index 1 (CRI-1), Castelli Risk Index 2 (CRI-2) and the TAG/HDL ratio. The API was calculated as $API = \log(TAG/HDL)$ with TAG and HDL in molar concentrations [34], the AC as the ratio of non-HDL to HDL ($ACI = non-HDL/HDL$) [35], the Cholindex as the difference between LDL and HDL ($Cholindex = LDL - HDL$) with LDL and HDL

in mg/dL concentrations [36], the CRI-1 as the ratio of TC to HDL (CRI-1 = TC/HDL) [37], and the CRI-2 as the ratio of LDL to HDL (CRI-2 = LDL/HDL) [37], and the TAG/HDL ratio was calculated using TAG and HDL concentrations expressed in mmol/L [38].

Table 2. Recommended concentrations of the analyzed lipids and lipoproteins considered normal in the analyses [33].

	Recommended Concentration, mg/dL
TC	<190.0
HDL	>45.0
Non-HDL	<145.0
LDL	<115.0
TAG	<150.0

TC—total cholesterol, HDL—high-density lipoprotein, LDL—low-density lipoprotein, TAG—triglycerides.

2.4.2. Anthropometric Assessment

Participants were given specific instructions to prepare for the anthropometric assessment. They were asked to abstain from alcohol for 24 h before it, avoid vigorous exercise on the day of the assessment, refrain from drinking fluids for 3 h beforehand, and not eat for 4 h prior. Additionally, they were instructed to urinate just before the measurement, wear lightweight clothing without metal components (like a wireless sports bra), and remove any metal items (such as jewelry and watches). Each participant attended individually to maintain privacy, and their preparation was verified against these guidelines. Participants were also asked to remove bulky clothing, such as sweaters, and to take off their shoes and socks for the measurements.

First, weight and height were measured by a calibrated RADWAG WPT 200 OW scale-stadiometer (accuracy: 0.1 kg and 0.5 cm, range: 2–200 kg and 100–200 cm), and waist circumference (WC) and hip circumference (HC) were measured using a body measurement tape, while the waist was defined as the narrowest part of the torso, and the hip as the widest. The anthropometric measurements were performed according to commonly accepted protocols [39]. BMI was calculated using the Quetelet equation [23], and the waist-to-height (WHtR) and waist-to-hip (WHR) ratios were also calculated [40].

Body composition was measured using an AKERN BIA 101 Anniversary Physiological Data Analyzer, which uses a current of 50 kHz frequency and 400 μ A intensity and 4 electrodes stuck on a person's hand (2 electrodes) and foot (2 electrodes). The measurement was taken on the dominant (right or left) side of the participant's body, while if a participant had metal implants in the body—on the side without these parts. The device displays the resistance (Rz) and the reactance (Xc), which were then, with the participant's age, height, and weight, typed into the BodyGram program which allowed for the estimation of the sodium/potassium ratio (Na/K ratio), fat mass (FM), fat-free mass (FFM), body cell mass (BCM), body cell mass index (BCMI), muscle mass (MM), total body water (TBW), extracellular water (ECW), and intracellular water (ICW).

Participants' results were compared and classified according to the following reference values:

- BMI of 25.0–29.9 kg/m² was classified as overweight, while BMI \geq 30.0 kg/m² as obesity [23];
- WC of at least 88 cm was considered central obesity [7];
- WHtR of more than 0.5 was considered an additional risk factor for CVD [40];
- Body fat of below 36.0% was classified as normal, 36.0–41.9% as overweight, while of at least 42.0% as obesity [41].

To enhance adherence, immediately after the measurement, participants received only their weight and height results, whereas all body composition results were shared at the end of the study. The anthropometric measurements were conducted at the Dietetic Outpatient Clinic of the Department of Dietetics at Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW).

Participants were instructed not to make any effort to lose weight during the study. However, some participants did experience weight loss (with a maximum of 5.0 kg during 8 weeks in the intervention group and 2.1 kg during 8 weeks in the control group). Despite this, there were no significant differences in body weight at baseline, mid-study, or after the intervention for the entire study population ($p = 0.993$), the intervention group ($p = 0.960$), or the control group ($p = 0.987$), as determined by Friedman's test. At the same time, the proportion of participants who lost weight and those who did not lose weight in the intervention and the control group did not differ (in both groups: weight loss $n = 10$, no weight loss $n = 9$; $p = 1.000$, χ^2 test).

2.5. Questionnaire

At baseline, all participants filled in an online questionnaire, prepared in GoogleForms, with questions concerning their socio-behavioral characteristics, as well as questions concerning fish, as follows:

- 'What is your age?'—an open-ended question;
- 'What is the highest level of education you have achieved?'—a close-ended question with three possible answers: completed secondary education (technical or general high school), completed undergraduate studies (holding a bachelor's degree), or completed graduate studies (holding a master's degree);
- 'How would you evaluate your physical activity?'—a close-ended question with three possible answers: low (performing only essential activities), average (having some additional physical activity like walking or cycling), or high (practicing sports like team sports, gym, dance, fitness, running);
- 'Do you like fatty fish (like salmon, herring, mackerel, sprats, and sardines)?'—a close-ended question with six possible answers: 'I don't like them at all', 'I don't like them much', 'I'm indifferent about them', 'I quite like them', 'I like them a lot', or 'I don't know';
- 'Do you think it's true that consuming fish can help lower cholesterol levels?'—a close-ended question with three possible answers: 'True', 'False', or 'I don't know';
- 'Considering the last 6 months, how often have you consumed fish, fish products and other seafood (including sushi with fish or seafood)?'—a close-ended question with ten possible answers: 'never', 'less than once a month', 'once a month', '2–3 times a month', 'once a week', '2 times a week', '3–4 times a week', '5–6 times a week', 'once a day', or 'more than once a day'. Due to the small number of responses in certain categories, for the group description, the answers were grouped into: 'less than once a month' ('never' and 'less than once a month'), 'one to three times a month' ('once a month' and '2–3 times a month'), 'once a week', and 'at least twice a week' ('2 times a week', '3–4 times a week', '5–6 times a week', 'once a day', and 'more than once a day'), which complies with fish intake recommendations [42–44].

Additionally, considering the fact that smoking seems to be associated with lipid profile [45] also in women [46], a question concerning the use of cigarettes was asked—a close-ended question with three possible answers: 'I smoke traditional cigarettes', 'I smoke e-cigarettes', or 'I don't smoke'. It was followed by an open-ended question concerning the number of cigarettes smoked in a week.

2.6. Study Course

The course of the conducted study is presented in Figure 1. Out of 57 women who expressed interest in participating in the study, 46 met the inclusion criteria and were randomly assigned to either the intervention or control group using a pair-matching method based on stratified block randomization, with stratification based on lipid profile (deviation from norms for TC, HDL, non-HDL, LDL, and TAG) and on BMI, resulting in 23 women in each group. The lipid profile parameters were either all within the recommended range (Table 2) for both paired participants, or some of the parameters were outside the recommended range for both. The BMI difference between the paired participants was

not to exceed 10%. This ensured that the lipid profile parameters and BMI, as well as the number of participants with normal vs. elevated/low lipid profile components, were comparable between the groups at baseline ($p > 0.05$).

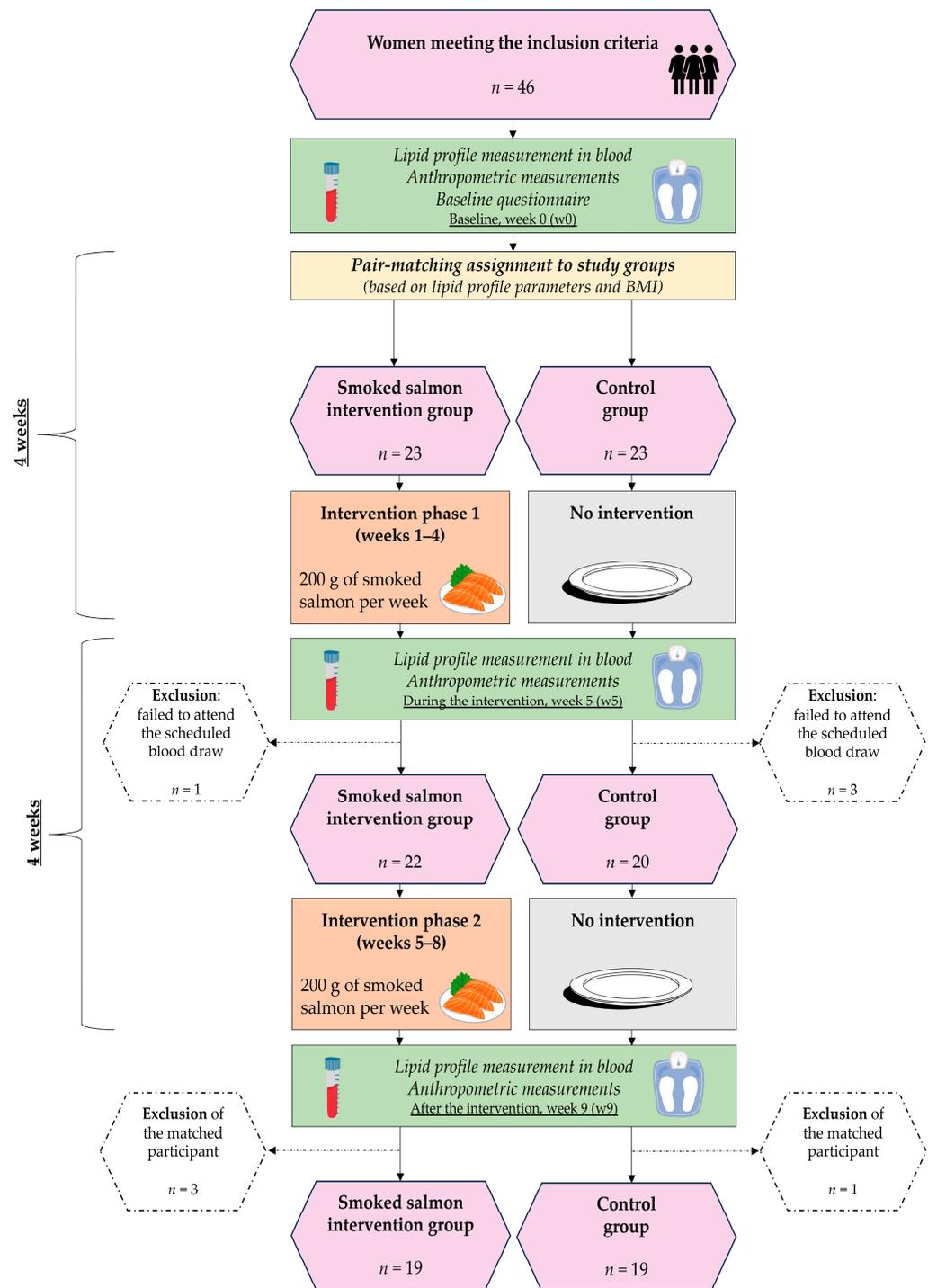


Figure 1. Study course. Lipid profile measurement in blood: total cholesterol (TC), high-density lipoprotein (HDL), non-HDL, low-density lipoprotein (LDL) and triglycerides (TAG). Anthropometric measurements: weight, height, waist circumference, hip circumference and body composition. Baseline questionnaire: age, education, physical activity, smoking cigarettes, preference toward fatty fish, opinion about cholesterol-lowering properties of fish, and habitual intake of fish.

During the intervention, one participant from the intervention group and three participants from the control group were excluded due to failing to attend the blood draws in week 5. Therefore, after the study finished, their matched participants from the opposite group (three from the intervention group and one from the control group) were also excluded from the analysis. As a result, 38 participants (19 from the intervention group and 19 from the control group) were included in the final analyses.

2.7. Statistical Analyses

The threshold for statistical significance was set at $p \leq 0.05$, while $p \leq 0.1$ was regarded as indicative of a trend. The normality of distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test.

The sample size required for the analyses was calculated based on the population of females in the studied age group living in the Masovian Voivodeship, where the study was conducted (318,200, according to the Central Statistical Office of Poland [47]). Assuming the frequency of excessive body mass ($\text{BMI} \geq 25.0 \text{ kg/m}^2$) of 25.9% in this age group [48], the target population was determined as 82,414. A 90% confidence level, 15% margin of error, and 60% dyslipidemia prevalence in the population of overweight/obese individuals [49] were applied, resulting in an estimated required sample size of 29. The final sample of 38 females was therefore considered sufficient.

To compare the groups, when data were normally distributed and met the homogeneity of variance assumption (as determined by Levene's test, $p > 0.05$), the Student's *t*-test was applied, while when data were non-normally distributed or normally distributed but did not meet the homogeneity of variance assumption (as determined by Levene's test, $p \leq 0.05$), the U Mann–Whitney test was applied. For analyses of differences between the groups regarding categorical variables, the chi-square (χ^2) test with Yates' continuity correction was applied.

For more in-depth analyses, the study participants were divided into subgroups based on their BMI category: overweight ($\text{BMI} 25.0\text{--}29.9 \text{ kg/m}^2$) and obese ($\text{BMI} \geq 30.0 \text{ kg/m}^2$) [23] and based on their WHtR: lower than 0.5 (no additional CVD risk factor) and higher than 0.5 (additional CVD risk factor) [40].

All analyses were conducted using Jamovi (The Jamovi project, version 2.63, Sydney, Australia) [50] software.

3. Results

3.1. Baseline Characteristics of the Studied Group

The socio-behavioral characteristics of the study participants concerning education, physical activity, and smoking cigarettes are presented in Table 3. Almost half of the participants completed their secondary education, one-third held a bachelor's degree, and one-fifth held a master's degree. Most of them rated their physical activity as average, one-fourth as low, and one-fifth as high. No differences were noted in the physical activity levels between the groups—4 participants (21%) from the intervention group and 5 participants (26%) from the control group assessed it as low, 11 participants (58%) from the intervention group and 10 participants (53%) from the control group assessed it as average, and 4 participants (21%) from the intervention group and 4 participants (21%) from the control group assessed it as high ($p = 0.924$, χ^2 test). One in ten declared to smoke traditional cigarettes, two women declared to smoke e-cigarettes, while more than 80% declared not to smoke.

Table 4 presents the participants' answers concerning their preference toward fatty fish, their opinion about the cholesterol-lowering properties of fish, and the participants' habitual fish intake at baseline. Most of the participants declared to like fatty fish a lot, one-fifth to quite like them, and 5% to be indifferent about them. More than half believed that eating fish helps decrease cholesterol levels; 5% did not think that, while 42% declared not to know. The majority of them declared to have consumed fish, fish products, and other seafood one to three times a month in the last 6 months, 18.5% once a week, also 18.5% at

least twice a week, and one woman declared to have consumed them less frequently than once a month.

Table 3. Socio-behavioral characteristics of the study participants concerning education, physical activity, and smoking cigarettes.

Socio-Behavioral Characteristics		Number of Participants (%)
Education	Completed secondary education (technical or general high school)	18 (47%)
	Completed undergraduate studies (holding a bachelor’s degree)	12 (32%)
	Completed graduate studies (holding a master’s degree)	8 (21%)
Physical activity	Low	9 (24%)
	Average	21 (55%)
	High	8 (21%)
Smoking cigarettes	Traditional cigarettes	4 (11%)
	E-cigarettes	2 (5%)
	Not smoking	32 (84%)

Table 4. Participants’ answers concerning their preference toward fatty fish, their opinion about cholesterol-lowering properties of fish, and the participants’ habitual fish intake at baseline.

Question Concerning Fish	Answer	Number of Participants (%)
Fatty fish preference	Likes a lot	28 (74%)
	Quite likes	8 (21%)
	Indifferent	2 (5%)
	Does not like much	0 (0%)
	Does not like at all	0 (0%)
	Does not know	0 (0%)
Agreement with the statement that consuming fish can help lower cholesterol levels	True	20 (53%)
	False	2 (5%)
	I don’t know	16 (42%)
Frequency of consuming fish, fish products, and other seafood (including sushi with fish or seafood) in the last 6 months	Less than once a month	1 (3%)
	One to three times a month	23 (61%)
	Once a week	7 (18.5%)
	At least twice a week	7 (18.5%)

Table 5 presents the detailed anthropometric characteristics of the intervention and the control group at baseline, as well as the weight change from baseline to after the intervention (w0 to w9). There were no significant differences in all anthropometric characteristics of the participants between the two studied groups ($p > 0.05$). The BMI of 15 participants (79%) in the control group and 14 (74%) in the intervention group corresponded to overweight, and of 4 participants (21%) in the control group and 5 (26%) in the intervention group to obesity, and it did not differ between the two groups ($p = 1.000$, χ^2 test). Five participants (26%) in each group had a waist circumference of at least 88 cm (data not presented in the table). The conducted analysis confirmed that the intervention and control group were comparable at baseline.

The body composition of the participants from the intervention and the control group at baseline is presented in Table 6. All of the analyzed body composition characteristics were the same across the two groups ($p > 0.05$). Considering the alternative recommendations to classify overweight and obesity based on body fat mass percentage, instead of BMI, the body fat of 17 participants (45%) was at least 36% but less than 42%, which is classified as overweight, the body fat of 13 participants (34%) was at least 42%, which is classified as obesity, while the body fat of 8 participants (21%) was below 36%, which is classified as normal (data not presented in the table).

Table 5. Anthropometric characteristics of the intervention and the control group at baseline, as well as the weight change throughout the study time.

Anthropometric Characteristic	Intervention Group (n = 19)		Control Group (n = 19)		p **
	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Age, years	23.1 ± 3.7	22.0 (18.0–29.0)	22.9 ± 3.5	23.0 (19.0–30.0)	0.859
Weight, kg	80.2 ± 11.1	75.6 (66.2–110.8) *	80.1 ± 9.1	78.2 (67.2–102.5)	0.693
Height, cm	166.6 ± 5.4	167.0 (156.5–173.5)	167.6 ± 5.7	166.0 (157.5–177.0)	0.583
WHtR	0.51 ± 0.04	0.50 (0.46–0.61)	0.51 ± 0.04	0.50 (0.45–0.59)	0.557
BMI, kg/m ²	28.8 ± 3.1	27.9 (25.5–36.8) *	28.5 ± 2.8	27.9 (25.3–34.5) *	0.885
Waist circumference, cm	85.7 ± 7.1	84.1 (78.0–106.3) *	84.9 ± 6.8	83.5 (75.5–98.2)	0.759
Hip circumference, cm	111.2 ± 6.8	109.8 (102.2–126.5)	112.4 ± 5.1	112.2 (104.8–124.5)	0.532
WHR	0.77 ± 0.03	0.78 (0.72–0.84)	0.75 ± 0.04	0.75 (0.67–0.84)	0.160
Weight change during intervention, kg	0.4 ± 3.4	−0.4 (−5.0–7.7)	0.3 ± 1.18	−0.1 (−2.1–4.2)	0.942

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student’s *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); WHtR—waist-to-height ratio; BMI—body mass index; WHR—waist-to-hip ratio.

Table 6. Body composition of participants from the intervention and the control group at baseline.

Body Composition Characteristic	Intervention Group (n = 19)		Control Group (n = 19)		p **
	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Na/K ratio	0.9 ± 0.1	0.9 (0.8–1.0) *	0.9 ± 0.1	0.9 (0.8–1.0) *	1.000
FM, kg	31.7 ± 7.9	29.6 (23.9–52.8) *	32.6 ± 5.9	31.4 (24.4–46.2)	0.385
FM, %	39.2 ± 4.7	37.6 (32.8–47.7)	40.5 ± 3.7	40.5 (34.6–48.8)	0.327
FFM, kg	48.4 ± 4.7	48.5 (40.7–58.0)	47.5 ± 4.7	45.4 (40.1–56.8)	0.538
FFM, %	60.8 ± 4.7	62.4 (52.4–67.2)	59.5 ± 3.7	59.5 (51.2–65.4)	0.327
BCM, kg	25.3 ± 3.3	25.4 (19.0–31.0)	24.4 ± 3.1	24.4 (20.4–29.5)	0.422
BCM, %	31.7 ± 3.3	32.1 (26.0–36.8)	30.5 ± 2.6	31.5 (24.4–34.3)	0.248
BCMI, kg/m ²	9.1 ± 0.9	9.2 (7.3–10.4)	8.7 ± 0.8	8.5 (7.5–10.3)	0.145
MM, kg	31.2 ± 3.9	31.5 (24.0–38.1)	30.2 ± 3.6	29.9 (25.4–36.2)	0.433
MM, %	39.1 ± 3.8	39.8 (32.6–44.9)	37.8 ± 3.0	38.6 (30.5–42.1)	0.251
TBW, L	35.5 ± 3.4	35.5 (29.8–42.4)	34.8 ± 3.4	33.3 (29.3–41.6)	0.537
TWB, %	44.5 ± 3.5	45.8 (38.3–49.3)	43.6 ± 2.7	43.6 (37.5–47.9)	0.328
ECW, L	16.7 ± 1.4	16.8 (14.3–19.7)	16.7 ± 1.6	16.8 (14.2–20.0)	0.862
ECW, % of TBW	47.3 ± 2.6	46.8 (43.7–53.8)	48.0 ± 2.5	48.1 (43.2–52.9)	0.438
ICW, L	18.7 ± 2.4	18.9 (14.2–22.9)	18.1 ± 2.2	18.0 (15.2–21.7)	0.419
ICW, % of TBW	52.7 ± 2.7	53.3 (46.3–56.3)	52.0 ± 2.4	51.9 (47.1–56.5)	0.428

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student’s *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); Na/K ratio—sodium/potassium ratio; FM—fat mass; FFM—fat-free mass; BCM—body cell mass; BCMI—body cell mass index; MM—muscle mass; TBW—total body water; ECW—extracellular water; ICW—intracellular water.

The energy value and macronutrient intake in the diets of the participants from the intervention and the control group at baseline are presented in Table 7. The diet characteristics did not differ across the groups ($p > 0.05$).

3.2. Intervention Efficacy

The lipid profile and the calculated atherogenic indices of the participants from the intervention and the control group at baseline, during the intervention (after 4 weeks of intervention, in week 5), and after the intervention (in week 9) are presented in Table 8. At baseline, the median TC concentration amounted to 171.9 mg/dL in the intervention group and 174.7 mg/dL in the control group; the HDL to 58.1 mg/dL and 55.9 mg/dL, the non-HDL to 124.2 mg/dL and 112.9 mg/dL, the LDL to 101.4 mg/dL and 89.3 mg/dL,

and the TAG to 89.9 mg/dL and 99.4 mg/dL, in the intervention and in the control group, respectively. The concentrations did not differ between the two groups at baseline ($p > 0.05$). Surprisingly, they did not differ during and after the intervention, either ($p > 0.05$). The calculated atherogenic indices did not differ across the groups either at baseline or during and after the intervention ($p > 0.05$).

Table 7. The energy value and macronutrient intake in the diets of the participants from the intervention and the control group at baseline.

Diet Characteristics	Intervention Group (<i>n</i> = 19)		Control Group (<i>n</i> = 19)		<i>p</i> **
	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Energy, kcal	1894 ± 459	1834 (891–2718)	1791 ± 449	1827 (962–2397)	0.488
Total protein, g	76.1 ± 16.7	74.6 (48.9–111.5)	75.0 ± 20.4	71.5 (42.5–113.6)	0.858
Animal protein, g	49.9 ± 16.1	42.3 (28.5–80.1) *	48.1 ± 16.2	47.8 (23.1–81.4)	0.827
Plant protein, g	24.9 ± 6.6	25.4 (11.7–37.4)	25.6 ± 11.0	24.0 (10.0–52.8)	0.830
Animal protein/plant protein ratio	2.2 ± 0.9	2.2 (1.0–3.7)	2.2 ± 1.2	2.0 (0.5–6.2) *	0.885
Fat, g	78.5 ± 26.9	76.7 (32.3–136.2)	72.1 ± 17.7	82.3 (43.5–94.3) *	0.452
SFA, g	29.3 ± 9.8	27.3 (10.5–48.7)	26.7 ± 7.3	25.2 (13.4–40.2)	0.364
MUFA, g	30.2 ± 12.1	27.9 (13.8–61.6)	29.0 ± 8.4	29.8 (15.0–39.5)	0.715
PUFA, g	12.9 ± 7.1	11.6 (2.8–32.8) *	12.8 ± 5.2	11.2 (4.8–23.0)	0.708
Omega-6 fatty acids, g	10.5 ± 6.2	8.7 (2.4–28.2) *	10.2 ± 4.1	9.4 (3.6–20.0)	0.644
Omega-3 fatty acids, g	2.4 ± 1.2	2.3 (0.4–4.7)	2.6 ± 1.5	2.3 (0.7–6.0)	0.743
Omega-6/omega-3 ratio	4.5 ± 1.7	4.2 (2.6–8.2)	4.7 ± 2.6	4.2 (2.0–12.9) *	0.954
LA (C18:2n6), g	10.3 ± 6.2	8.6 (2.3–28.0) *	10.1 ± 4.1	9.4 (3.5–19.8)	0.603
ALA (C18:3n3), g	1.9 ± 0.8	2.0 (0.4–3.2)	2.2 ± 1.1	2.2 (0.5–4.0)	0.414
EPA (C20:5n3), mg	128 ± 137	83 (3–433) *	108 ± 234	10 (0–830) *	0.754
DPA (C22:5n3), mg	52 ± 50	33 (3–180) *	35 ± 60	10 (0–250) *	0.350
DHA (C22:6n3), mg	323 ± 345	233 (23–1367) *	254 ± 464	57 (10–1800) *	0.610
Cholesterol, g	354.5 ± 136.4	324.1 (178.0–698.6)	285.8 ± 120.0	284.7 (107.6–557.6)	0.108
Carbohydrates, g	217.6 ± 51.0	217.2 (92.4–305.2)	215.1 ± 64.3	227.8 (99.1–301.0)	0.895
Glucose, g	6.2 ± 3.0	6.0 (1.3–13.2)	7.6 ± 5.3	7.1 (1.3–21.0) *	0.644
Fructose, g	7.2 ± 3.8	7.3 (1.2–17.3)	8.7 ± 6.7	6.3 (1.3–26.1) *	0.885
Sucrose, g	34.1 ± 18.4	30.4 (5.3–72.7)	36.6 ± 23.9	35.2 (5.8–92.7) *	0.908
Lactose, g	7.4 ± 6.2	6.0 (1.3–23.5) *	6.6 ± 5.1	5.6 (1.0–20.5) *	0.795
Fiber, g	16.9 ± 5.1	16.4 (10.2–27.1)	18.6 ± 8.5	17.3 (6.6–38.0)	0.665
Energy from protein, %	16.5 ± 3.1	16.6 (10.9–22.0)	17.0 ± 3.2	15.8 (12.3–24.8)	0.663
Energy from fats, %	36.9 ± 6.9	37.8 (24.3–47.8)	36.5 ± 4.6	36.1 (29.0–44.7)	0.849
Energy from carbohydrates, %	46.6 ± 7.5	45.3 (34.4–64.3)	46.5 ± 6.2	46.6 (36.1–55.7)	0.971

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student's *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); SFA—saturated fatty acids; MUFA—monounsaturated fatty acids; PUFA—polyunsaturated fatty acids; Omega-6 fatty acids—the sum of omega-6 fatty acids; Omega-3 fatty acids—the sum of omega-3 fatty acids; LA—linoleic acid; ALA—alpha-linolenic acid; EPA—eicosapentaenoic acid; DPA—docosapentaenoic acid; DHA—docosahexaenoic acid.

The lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) are presented in Table 9. While no statistically significant differences were observed between the two groups concerning the first half of the intervention (from w0 to w5; $p > 0.05$), a trend was noted for the LDL concentration change in the second half of the intervention (from w5 to w9). In the intervention group, it decreased with a mean of 5.5 ± 21.4 mg/dL, whereas in the control group, it increased with a mean of 6.8 ± 21.7 mg/dL ($p = 0.087$). Concerning the whole intervention period, namely from w0 to w9, a statistically significant difference was observed concerning the LDL, which decreased on average by 8.2 ± 20.7 mg/dL in the intervention group and increased on average by 9.5 ± 20.0 mg/dL in the control group ($p = 0.011$). Moreover, a non-significant but very close to statistical significance ($p = 0.053$) difference was noted for the TAG concentration change from w0 to w9. A median increase of 17.0 mg/dL was observed

in the intervention group, while a median decrease of 7.3 mg/dL was seen in the control group. These results indicate that the intervention was mostly effective concerning the LDL concentrations. However, what should also be noted is the decreasing *p*-value in almost all analyzed lipid metabolites (e.g., TC change: from w0 to w5 *p* = 0.645, from w5 to w9 *p* = 0.283, and from w0 to w9 *p* = 0.199). This might indicate that had the intervention lasted longer, differences concerning the other lipid metabolites may have also been observed.

Table 8. Lipid profile and the calculated atherogenic indices of participants from the intervention and the control group at baseline, during the intervention (after 4 weeks of intervention, in week 5), and after the intervention (in week 9).

Measurement Time	Lipid Profile Components	Intervention Group (n = 19)		Control Group (n = 19)		<i>p</i> **
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Baseline (w0)	TC, mg/dL	185.4 ± 42.8	171.9 (130.3–318.5) *	180.2 ± 29.7	174.7 (142.1–236.3)	0.885
	HDL, mg/dL	59.0 ± 14.2	58.1 (36.9–87.4)	57.4 ± 10.8	55.9 (38.9–84.0)	0.701
	Non-HDL, mg/dL	126.5 ± 43.1	124.2 (71.1–251.7) *	122.9 ± 31.4	112.9 (86.7–189.5) *	0.885
	LDL, mg/dL	105.9 ± 38.4	101.4 (57.7–220.0) *	98.7 ± 25.7	89.3 (73.0–159.2) *	0.644
	TAG, mg/dL	101.3 ± 35.3	89.9 (46.0–185.3)	120.6 ± 62.3	99.4 (53.9–267.0) *	0.549
	AIP	−0.14 ± 0.22	−0.15 (−0.48–0.34)	−0.08 ± 0.22	−0.13 (−0.35–0.38)	0.385
	AC	2.30 ± 1.04	2.15 (0.89–5.17)	2.25 ± 0.84	1.84 (1.30–4.05) *	1.000
	Cholindex, mg/dL	46.9 ± 42.5	48.1 (−21.9–153.2)	41.4 ± 31.1	29.8 (6.3–103.8) *	0.544
	CRI-1	3.30 ± 1.04	3.15 (1.89–6.17)	3.25 ± 0.84	2.84 (2.30–5.05) *	1.000
	CRI-2	1.92 ± 0.86	1.84 (0.73–4.16)	1.81 ± 0.69	1.50 (1.09–3.05) *	0.686
TAG/HDL	0.82 ± 0.45	0.70 (0.33–2.19) *	0.96 ± 0.56	0.73 (0.45–2.39) *	0.470	
During the intervention (w5)	TC, mg/dL	186.2 ± 36.1	177.5 (136.4–272.9)	183.9 ± 35.6	184.4 (116.8–245.4)	0.839
	HDL, mg/dL	61.4 ± 15.5	58.9 (36.6–88.8)	59.2 ± 14.8	60.6 (32.4–86.6)	0.657
	Non-HDL, mg/dL	124.8 ± 35.7	113.3 (69.9–204.1)	124.7 ± 34.9	108.0 (76.8–183.1)	0.988
	LDL, mg/dL	103.1 ± 33.0	94.5 (59.3–170.8)	101.4 ± 31.0	89.6 (48.1–166.5)	0.864
	TAG, mg/dL	108.4 ± 41.3	107.6 (42.8–194.6)	116.5 ± 54.1	98.9 (55.1–265.8) *	0.954
	AIP	−0.13 ± 0.23	−0.05 (−0.56–0.31)	−0.08 ± 0.23	−0.12 (−0.41–0.55)	0.539
	AC	2.20 ± 0.96	1.94 (0.85–4.42) *	2.29 ± 1.08	1.92 (1.22–5.55) *	1.000
	Cholindex, mg/dL	41.7 ± 38.5	32.4 (−22.5–125.6)	42.2 ± 35.4	27.2 (−4.7–104.2)	0.973
	CRI-1	3.20 ± 0.96	2.94 (1.85–5.42) *	3.29 ± 1.08	2.92 (2.22–6.55) *	1.000
	CRI-2	1.81 ± 0.84	1.64 (0.73–3.86) *	1.85 ± 0.84	1.44 (0.95–3.91) *	0.977
TAG/HDL	0.84 ± 0.42	0.89 (0.27–2.05)	0.97 ± 0.73	0.75 (0.39–3.58) *	0.908	
After the intervention (w9)	TC, mg/dL	181.9 ± 40.0	176.6 (125.8–287.5)	188.1 ± 33.4	185.7 (142.3–258.1)	0.610
	HDL, mg/dL	57.7 ± 14.0	56.5 (34.8–83.2)	57.7 ± 10.0	58.0 (40.8–78.4)	0.997
	Non-HDL, mg/dL	124.3 ± 40.8	120.2 (71.9–214.6)	130.4 ± 32.0	132.4 (82.1–199.7)	0.609
	LDL, mg/dL	97.7 ± 37.7	99.1 (21.8–191.3)	108.2 ± 28.1	105.5 (67.2–171.3)	0.337
	TAG, mg/dL	132.9 ± 73.8	122.1 (58.0–365.4) *	111.0 ± 41.8	103.1 (49.5–172.8)	0.525
	AIP	−0.03 ± 0.28	−0.01 (−0.41–0.66)	−0.10 ± 0.20	−0.09 (−0.48–0.26)	0.395
	AC	2.34 ± 1.14	1.99 (0.91–5.66) *	2.33 ± 0.71	2.10 (1.26–3.88)	0.644
	Cholindex, mg/dL	40.0 ± 41.1	52.3 (−32.1–118.4)	50.5 ± 29.8	49.5 (5.7–112.9)	0.374
	CRI-1	3.34 ± 1.14	2.99 (1.91–6.66) *	3.33 ± 0.71	3.10 (2.26–4.88)	0.644
	CRI-2	1.82 ± 0.85	1.75 (0.40–3.56)	1.93 ± 0.60	1.91 (1.07–3.04)	0.638
TAG/HDL	1.15 ± 0.96	0.98 (0.39–4.58) *	0.87 ± 0.38	0.82 (0.33–1.84)	0.506	

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; *p* ≤ 0.05); ** Student’s *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9; TC—total cholesterol; HDL—high-density lipoprotein; LDL—low-density lipoprotein; TAG—triglycerides; AIP—Atherogenic Index of Plasma; AC—Atherogenic Coefficient; Cholindex—Cholesterol Index; CRI-1—Castelli Risk Index 1; CRI-2—Castelli Risk Index 2.

Table 10 presents the lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) across overweight participants (BMI 25.0–29.9 kg/m²). Similar to when all participants were included in the analysis, the observed difference between the two groups was noted for the LDL change from w0 to

w9. A mean decrease of 3.6 ± 19.1 mg/dL was observed in the intervention group, while an increase of 12.6 ± 20.7 mg/dL was noted in the control group ($p = 0.038$). Interestingly, a trend of differences was seen in the change of non-HDL from w0 to w9 in this analysis. While a mean increase of 11.6 ± 18.3 mg/dL was noted in the control group, in the intervention group, it was almost constant (0.1 ± 17.3 mg/dL; $p = 0.095$).

Table 9. Lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9).

Period of Change	Lipid Profile Components	Intervention Group (n = 19)		Control Group (n = 19)		p **
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Change from w0 to w5	TC, mg/dL	0.8 ± 18.4	1.0 (−45.6–31.3)	3.6 ± 18.8	6.0 (−25.3–38.8)	0.645
	HDL, mg/dL	2.5 ± 6.1	1.3 (−5.8–18.1)	1.8 ± 6.9	4.6 (−14.4–12.3)	0.770
	Non-HDL, mg/dL	−1.6 ± 17.3	−1.2 (−47.6–24.2)	1.8 ± 13.2	1.3 (−16.6–30.8)	0.498
	LDL, mg/dL	−2.7 ± 16.7	−3.5 (−49.2–22.3)	2.6 ± 17.5	0.0 (−33.3–43.2)	0.342
	TAG, mg/dL	7.2 ± 40.8	−1.1 (−75.9–106.2)	−4.1 ± 37.9	−8.2 (−109.5–89.8) *	0.370
Change from w5 to w9	TC, mg/dL	−4.3 ± 19.4	−0.3 (−46.4–32.0)	4.2 ± 28.1	5.1 (−57.3–41.0)	0.283
	HDL, mg/dL	−3.7 ± 7.9	−2.5 (−24.0–10.0)	−1.5 ± 10.8	−1.5 (−19.7–21.3)	0.473
	Non-HDL, mg/dL	−0.6 ± 18.3	4.9 (−26.3–42.6)	5.8 ± 23.6	4.5 (−41.2–46.1)	0.364
	LDL, mg/dL	−5.5 ± 21.4	−5.0 (−45.8–41.6)	6.8 ± 21.7	0.4 (−44.4–40.2)	0.087
	TAG, mg/dL	24.4 ± 67.4	22.0 (−61.1–256.0)	−5.5 ± 46.2	4.2 (−94.1–58.6)	0.234
Change from w0 to w9	TC, mg/dL	−3.5 ± 20.8	−3.2 (−40.0–46.4) *	7.9 ± 22.9	12.8 (−37.3–49.4)	0.199
	HDL, mg/dL	−1.3 ± 8.7	−2.1 (−22.6–18.0)	0.3 ± 9.4	−1.3 (−12.7–25.9)	0.590
	Non-HDL, mg/dL	−2.2 ± 17.4	−1.4 (−37.1–38.9)	7.5 ± 19.3	7.4 (−31.3–41.3)	0.111
	LDL, mg/dL	−8.2 ± 20.7	−7.9 (−48.0–38.2)	9.5 ± 20.0	8.0 (−14.4–60.1)	0.011
	TAG, mg/dL	31.6 ± 57.2	17.0 (−42.0–180.1) *	−9.6 ± 49.3	−7.3 (−105.3–68.4)	0.053

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student’s *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9; TC—total cholesterol; HDL—high-density lipoprotein; LDL—low-density lipoprotein; TAG—triglycerides.

In the subgroup of obese participants ($BMI \geq 30.0$ kg/m²), no differences were noted between the intervention and the control group ($p > 0.05$), probably due to the small number of participants ($n = 9$; 5/4—intervention/control group) (Supplementary Materials Table S1).

The lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to the end of the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) across participants with a WHtR > 0.5 are presented in Table 11. In this subgroup, differences concerning the LDL and TAG change from baseline to after the intervention (w0 to w9) were noted. Regarding the LDL change, in the intervention group, a mean decrease of 12.8 ± 21.8 mg/dL was observed, while in the control group, an increase of 7.7 ± 18.1 mg/dL was indicated ($p = 0.027$), similar to when all participants were taken into the analysis. Additionally, the TAG change, which showed a non-significant but very close to statistical significance difference when all participants were taken into consideration, showed a statistically significant difference ($p = 0.040$) across participants with a WHtR > 0.5 with, again, an increase of 50.0 ± 68.3 mg/dL in the intervention group and a decrease of 8.6 ± 56.6 mg/dL in the control group.

In the subgroup of participants whose WHtR was lower than 0.5 ($n = 16$; 8/8—intervention/control group), which is considered normal, there were no statistically significant differences between the lipid profile changes across the two groups ($p > 0.05$) (Supplementary Materials Table S2). These results indicate that among participants with a greater than 0.5 WHtR, the intervention was associated with a positive from a health perspective decrease in LDL and a negative from a health perspective increase in TAG.

Table 10. Lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) across overweight participants (BMI 25.0–29.9 kg/m²).

Period of Change	Lipid Profile Components	Intervention Group (n = 14)		Control Group (n = 15)		p **
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Change from w0 to w5	TC, mg/dL	3.7 ± 15.4	2.7 (−16.4–31.3)	6.3 ± 18.5	6.0 (−25.3–38.8)	0.693
	HDL, mg/dL	1.9 ± 6.8	1.0 (−5.8–18.1) *	3.0 ± 5.8	4.7 (−10.0–12.3)	0.371
	Non-HDL, mg/dL	1.9 ± 14.2	−1.2 (−13.9–24.2)	3.3 ± 14.0	1.3 (−16.6–30.8)	0.782
	LDL, mg/dL	0.0 ± 13.3	−0.3 (−20.8–22.3)	3.7 ± 19.2	0.0 (−33.3–43.2)	0.554
	TAG, mg/dL	9.3 ± 30.6	−1.0 (−49.7–64.1)	−1.9 ± 41.9	−7.7 (−109.5–89.8)	0.424
Change from w5 to w9	TC, mg/dL	−5.0 ± 19.2	−0.9 (−46.4–32.0)	5.8 ± 30.9	6.2 (−57.3–41.0)	0.270
	HDL, mg/dL	−3.3 ± 8.5	−2.5 (−24.0–10.0)	−2.5 ± 9.0	−3.0 (−16.1–15.0)	0.805
	Non-HDL, mg/dL	−1.7 ± 19.0	0.1 (−25.0–42.6)	8.3 ± 25.5	6.6 (−41.2–46.1)	0.245
	LDL, mg/dL	−3.6 ± 18.5	−3.6 (−39.5–41.6)	8.9 ± 24.1	12.1 (−44.4–40.2)	0.131
	TAG, mg/dL	9.4 ± 37.4	6.0 (−61.1–85.5)	−3.1 ± 41.5	4.2 (−76.9–58.6)	0.404
Change from w0 to w9	TC, mg/dL	−1.3 ± 22.5	−3.6 (−40.0–46.4) *	12.1 ± 20.9	15.2 (−20.2–49.4)	0.169
	HDL, mg/dL	−1.4 ± 10.0	−1.6 (−22.6–18.0)	0.5 ± 6.9	0.0 (−9.2–9.3)	0.556
	Non-HDL, mg/dL	0.1 ± 17.3	−2.3 (−24.0–38.9)	11.6 ± 18.3	10.3 (−16.1–41.3)	0.095
	LDL, mg/dL	−3.6 ± 19.1	−7.1 (−34.3–38.2)	12.6 ± 20.7	11.8 (−12.4–60.1)	0.038
	TAG, mg/dL	18.6 ± 29.9	14.2 (−14.4–84.7)	−5.0 ± 47.5	−7.3 (−105.3–68.4)	0.124

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student’s *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9; TC—total cholesterol; HDL—high-density lipoprotein; LDL—low-density lipoprotein; TAG—triglycerides.

Table 11. Lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) across participants with a WHtR > 0.5.

Period of Change	Lipid Profile Components	Intervention Group (n = 11)		Control Group (n = 11)		p **
		Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
Change from w0 to w5	TC, mg/dL	4.1 ± 21.2	6.4 (−45.6–31.3)	4.6 ± 21.2	8.7 (−24.2–38.8)	0.956
	HDL, mg/dL	2.9 ± 5.0	2.0 (−5.8–12.8)	1.3 ± 7.1	4.6 (−14.4–8.0) *	1.000
	Non-HDL, mg/dL	1.2 ± 20.1	2.4 (−47.6–23.6) *	3.2 ± 15.4	3.6 (−16.6–30.8)	0.949
	LDL, mg/dL	−0.2 ± 19.9	2.9 (−49.2–22.3)	5.7 ± 18.2	5.2 (−13.4–43.2)	0.479
	TAG, mg/dL	9.9 ± 48.5	−0.8 (−75.9–106.2)	−12.1 ± 37.3	−8.4 (−109.5–35.8) *	0.401
Change from w5 to w9	TC, mg/dL	−8.9 ± 20.8	−3.4 (−46.4–16.2)	−0.8 ± 31.2	5.1 (−57.3–41.0)	0.480
	HDL, mg/dL	−4.3 ± 8.6	−3.3 (−24.0–6.8)	−3.5 ± 11.9	−6.0 (−19.7–21.3)	0.846
	Non-HDL, mg/dL	−4.6 ± 17.2	2.2 (−26.3–21.5)	2.7 ± 28.1	4.5 (−41.2–46.1)	0.473
	LDL, mg/dL	−12.6 ± 22.2	−11.6 (−45.8–20.5)	2.0 ± 22.5	−2.3 (−44.4–35.8)	0.141
	TAG, mg/dL	40.2 ± 81.7	30.1 (−49.8–256.0) *	3.5 ± 52.6	16.0 (−94.1–58.6)	0.519
Change from w0 to w9	TC, mg/dL	−4.8 ± 20.8	−2.1 (−40.0–38.4)	3.8 ± 23.5	15.2 (−37.3–30.6)	0.372
	HDL, mg/dL	−1.5 ± 8.2	−0.3 (−22.6–8.3) *	−2.1 ± 10.8	−6.0 (−12.7–25.9) *	0.217
	Non-HDL, mg/dL	−3.4 ± 17.0	−1.4 (−37.1–30.1)	5.9 ± 21.1	8.1 (−31.3–39.2)	0.269
	LDL, mg/dL	−12.8 ± 21.8	−10.1 (−48.0–27.8)	7.7 ± 18.1	12.1 (−14.4–36.3)	0.027
	TAG, mg/dL	50.0 ± 68.3	32.9 (−42.0–180.1)	−8.6 ± 56.6	7.6 (−105.3–68.4)	0.040

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student’s *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9; TC—total cholesterol; HDL—high-density lipoprotein; LDL—low-density lipoprotein; TAG—triglycerides.

The number of participants with lipid profile components considered as normal vs. elevated/low at baseline, during, and after the intervention is presented in Table 12. While

no differences across the two studied groups were observed either at baseline or during and after the intervention ($p > 0.05$), what should be noted is that at baseline, 32% of all participants had elevated total cholesterol concentrations, 16% had low HDL concentrations, 24% had elevated non-HDL concentrations, 29% had elevated LDL concentrations, and 16% had elevated TAG concentrations. Notably, at baseline, 18 of all participants (47%) had at least one lipid profile parameter outside the recommended range (data not presented in the table).

Table 12. Number of participants with lipid profile components considered as normal vs. elevated/low at baseline, during the intervention (after 4 weeks of intervention, in week 5), and after the intervention (in week 9).

Measurement Time	Lipid Profile Components	Intervention Group (n = 19)			Control Group (n = 19)			p *
		Normal Concentration n (%)	Elevated Concentration n (%)	Low Concentration n (%)	Normal Concentration n (%)	Elevated Concentration n (%)	Low Concentration n (%)	
Baseline (w0)	TC	13 (68%)	6 (32%)	–	13 (68%)	6 (32%)	–	1.000
	HDL	15 (79%)	–	4 (21%)	17 (89%)	–	2 (11%)	0.656
	Non-HDL	15 (79%)	4 (21%)	–	14 (74%)	5 (26%)	–	1.000
	LDL	13 (68%)	6 (32%)	–	14 (74%)	5 (26%)	–	1.000
	TAG	17 (89%)	2 (11%)	–	15 (79%)	4 (21%)	–	0.656
During the intervention (w5)	TC	10 (53%)	9 (47%)	–	11 (58%)	8 (42%)	–	1.000
	HDL	15 (79%)	–	4 (21%)	15 (79%)	–	4 (21%)	1.000
	Non-HDL	13 (68%)	6 (32%)	–	14 (74%)	5 (26%)	–	1.000
	LDL	12 (63%)	7 (37%)	–	10 (53%)	9 (47%)	–	0.742
	TAG	16 (84%)	3 (16%)	–	17 (89%)	2 (11%)	–	1.000
After the intervention (w9)	TC	13 (68%)	6 (32%)	–	12 (63%)	7 (37%)	–	1.000
	HDL	15 (79%)	–	4 (21%)	18 (95%)	–	1 (5%)	0.337
	Non-HDL	14 (74%)	5 (26%)	–	14 (74%)	5 (26%)	–	1.000
	LDL	13 (68%)	6 (32%)	–	12 (63%)	7 (37%)	–	1.000
	TAG	15 (79%)	4 (21%)	–	15 (79%)	4 (21%)	–	1.000

* Chi² test with Yates' correction; w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9; TC—total cholesterol; HDL—high-density lipoprotein; LDL—low-density lipoprotein; TAG—triglycerides; normal concentration of TC: <190.0 mg/dL; elevated concentration of TC: >190 mg/dL; normal concentration of HDL: >45.0 mg/dL; low concentration of HDL: <45 mg/dL; normal concentration of non-HDL: <145.0 mg/dL; elevated concentration of non-HDL: >145.0 mg/dL; normal concentration of LDL: <115.0 mg/dL; elevated concentration of LDL: >115.0 mg/dL; normal concentration of TAG: <150.0 mg/dL; elevated concentration of TAG: >150 mg/dL.

Table 13 presents the number of participants for whom a positive change was observed considering a decrease (of TC, non-HDL, LDL, TAG) or an increase (of HDL) in the concentration of the specific lipid profile components from baseline to after 8 weeks of the intervention. Importantly, a trend of differences was noted for the total cholesterol change. On a level close to significance, more participants from the intervention group experienced a decrease (a positive change) in the concentration of total cholesterol after 8 weeks of the intervention compared to the participants from the control group ($p = 0.100$). No differences were noted for the other lipid profile components ($p > 0.05$).

The changes in the analyzed atherogenic indices during the study (from baseline to after the intervention, w0 to w9) are presented in Table 14. A difference across the intervention and the control group was seen for the Cholindex. While a median decrease of 4.4 mg/dL was noted in the intervention group, in the control group, a median increase of 0.8 mg/dL was observed ($p = 0.040$). Additionally, trends of differences were noted for the change of the AIP index, the CRI-2 index, and the TAG/HDL ratio ($p = 0.054$, $p = 0.099$, $p = 0.057$, respectively).

The number of participants whose indices decreased vs. those whose indices were stable or increased during the study between the two groups was also analyzed for all the indices separately. However, no differences were noted for any of the indices ($p > 0.05$, chi² test) (data not presented in the table).

Table 13. Number of participants for whom a positive change was observed considering a decrease (of TC, non-HDL, LDL, TAG) or an increase (of HDL) in the concentration of the specific lipid profile components from baseline to after 8 weeks of the intervention (in week 9).

Lipid Profile Components	Intervention Group (n = 19)		Control Group (n = 19)		p *
	Positive Change n (%)	Negative Change n (%)	Positive Change n (%)	Negative Change n (%)	
TC decrease from w0 to w9	14 (74%)	5 (26%)	8 (42%)	11 (58%)	0.100
HDL increase from w0 to w9	8 (42%)	11 (58%)	8 (42%)	11 (58%)	1.000
Non-HDL decrease from w0 to w9	10 (53%)	9 (47%)	8 (42%)	11 (58%)	0.745
LDL decrease from w0 to w9	12 (63%)	7 (37%)	7 (37%)	12 (63%)	0.194
TAG decrease from w0 to w9	6 (32%)	13 (68%)	11 (58%)	8 (42%)	0.192

* Chi² test with Yates' correction; w0—baseline; w5—after 4 weeks of intervention, in week 5; w9—after 8 weeks of intervention, in week 9; TC—total cholesterol; HDL—high-density lipoprotein; LDL—low-density lipoprotein; TAG—triglycerides; positive change—defined as a decrease in a lipid profile component concentration from w0 to w9 (change lower than 0 mg/dL) as for: TC, non-HDL, LDL and TAG, or an increase in the concentration of HDL from w0 to w9 (change greater than 0 mg/dL).

Table 14. The changes in the analyzed atherogenic indices during the study (from baseline to after intervention, w0 to w9).

Atherogenic Index	Intervention Group (n = 19)		Control Group (n = 19)		p **
	Mean ± SD	Median (Min–Max)	Mean ± SD	Median (Min–Max)	
AIP	0.10 ± 0.18	0.08 (−0.21–0.48)	−0.03 ± 0.22	−0.07 (−0.56–0.36)	0.054
AC	0.04 ± 0.41	0.13 (−1.00–0.54) *	0.08 ± 0.50	0.16 (−1.41–0.96) *	0.977
Cholindex, mg/dL	−6.9 ± 19.9	−4.4 (−43.8–30.7)	9.1 ± 18.4	0.8 (−12.3–52.0) *	0.040
CRI-1	0.04 ± 0.41	0.13 (−1.00–0.54) *	0.08 ± 0.50	0.16 (−1.41–0.96) *	0.977
CRI-2	−0.10 ± 0.41	−0.02 (−0.87–0.48)	0.12 ± 0.40	0.06 (−0.93–0.75)	0.099
TAG/HDL	0.32 ± 0.63	0.16 (−0.34–2.39) *	−0.09 ± 0.48	−0.09 (−1.06–0.69)	0.057

* Non-normal distribution (verified using Shapiro–Wilk test; $p \leq 0.05$); ** Student's *t*-test or U Mann–Whitney test (depending on data distribution); AIP—atherogenic index of plasma; AC—atherogenic coefficient; Cholindex—cholesterol index; CRI-1—Castelli risk index 1; CRI-2—Castelli risk index 2; TAG—triglycerides; HDL—high-density lipoprotein.

4. Discussion

4.1. Participants' Preference Toward Fatty Fish, Opinion About Cholesterol-Lowering Properties of Fish, and Habitual Fish Intake at Baseline

Almost three in four participants indicated liking fatty fish (such as salmon, herring, mackerel, sprats, and sardines) a lot, while one-fifth declared to quite like them. Only 5% indicated to be indifferent about them, while none stated not to like them. Given that the average intake of seafood-derived omega-3 fatty acids in Poland is below the recommended levels [17], as well as that fatty fish are recommended as part of a healthy diet [42–44], especially for people at higher cardiovascular risk [12] this seems to be a promising result. However, the method of gathering the study participants was convenience sampling; therefore, these results cannot be seen as representative. Interestingly, more than half of the participants believed that consuming fish can help lower cholesterol levels, which is true according to the meta-analysis by Alhassan et al. [21]. However, what seems unexpected considering the declarations of liking fatty fish described above, only 18.5% of participants comply with the recommendations to consume fish at least twice a week [42–44]. Most of them declared to consume fish only one to three times a month. This indicates that despite a high preference for fatty fish, these young Polish women do not consume them on a regular basis.

4.2. Cardiovascular Risk Characteristics of the Study Participants

The results from the presented study indicate that the problem of dyslipidemia occurs among overweight and obese women despite their young age (18–30 years). Depending on the specific lipid profile parameters, between 16 and 32% of all participants had elevated TC, LDL, non-HDL or TAG, or low HDL before the intervention began. However, what is even more alarming, almost every second participant had at least one parameter of the lipid profile outside the recommended range. This problem is also observed among even younger people worldwide. In the USA, 25% of adolescents aged 12–19 have at least one adverse level of TC, LDL, HDL, non-HDL, TAG, or apolipoprotein B [51]. In a recently published study conducted among Chinese college students, 13% of them were found to have dyslipidemia [52], while its prevalence among Saudi Arabia adolescents aged 10–19 accounts for 25% [53]. The rate of dyslipidemia in the presented study (47%) is higher than in the cities studies [51–53], probably due to the fact that it considered only participants with overweight or obesity, contrary to the cited cross-sectional studies in which participants with normal body mass and underweight were also included [51–53].

Almost one-third of the study participants were classified as central obese based on their waist circumference [7], while more than half of them had a waist-to-height ratio above 0.5. According to a meta-analysis by Xue et al. [40], both increased WC and WHtR were found to increase the risk of cardiovascular disease, which underlines how important it is to search for interventions aiming at decreasing that risk. Moreover, one-fourth of the participants declared to have low physical activity, which is alarming, as physical activity is known to have a positive effect on managing cardiovascular disease risk [7]. According to a study by Huffman et al. [54], a rigid, supervised exercise intervention resulted in beneficial effects on lipid profile characteristics regardless of adhering to the diet recommended by the AHA [54].

4.3. Intervention Efficacy in Improving Lipid Profile Components

While no differences between the intervention and the control group were noted considering the absolute values of the concentrations of the different lipid profile parameters (TC, HDL, non-HDL, LDL, TAG) either during or after the intervention, differences considering the concentration changes were observed. After 8 weeks of consuming 200 g of farmed smoked salmon weekly, participants from the intervention group experienced a decrease in the LDL concentration, while during the same period, those from the control group experienced an increase. A recent meta-analysis by Hasan et al. [6] concluded that a lifestyle intervention resulting in a loss of 1 kg of body weight reduces the LDL by 1.28 mg/dL (95% CI, −2.19 to −0.37 mg/dL). In the presented study, incorporating 200 g of smoked salmon into a weekly diet resulted in a more than sixfold reduction in LDL, which is a very promising result in favor of increasing fatty fish intake.

The meta-analysis by Alhassan et al. [21] indicated that moderate consumption of 20–150 g of oily fish per day is associated with statistically significant decreases in TAG and increases in HDL in comparison with a control group [21]. Although in the presented study, the salmon fish consumption corresponded to 28.6 g of oily fish per day, which is in the range stated to be effective in the meta-analysis by Alhassan et al. [21], the results were markedly different. In the presented study, no significant differences concerning the HDL and TAG were observed, whereas the meta-analysis by Alhassan et al. [21] did not show significant effects of oily fish consumption on LDL concentration change, contrary to the presented study. A more recent review of intervention studies stated that while some fish-based interventions resulted in decreasing TAG, other studies did not report any significant effects concerning the TAG, especially when the TAG was not elevated at baseline [55].

Interestingly, no differences between the two groups were seen during the first 4 weeks of the intervention; only a trend of differences was noted for the w5 to w9 change of the LDL, and a statistically significant difference was noted only for the w0 to w9 change. This indicates that there might be more time needed to observe any changes in the lipid

profile. On the other hand, a crossover intervention study among normolipidemic to mildly hyperlipidemic but apparently healthy men and women aged 23–65 in the USA, in which one of the intervention groups consumed around 226 g of salmon weekly, resulted in decreases in TAG and increases in HDL compared to the control group only after 4 weeks, indicating that even such a short time might be sufficient to observe statistically significant changes [56]. Such different results are probably due to the fact that the cited study [56] was a controlled feeding trial in which the diets did not include any omega-3-fatty-acid-rich foods other than those being tested (even concerning the use of oils, only olive oil and corn oil were allowed as added fats), whereas the presented study assumed a more real-life context, in which the participants in the control group were instructed not to alter their usual eating habits; therefore, they were allowed to consume fish and other omega-3 sources. Additionally, the cited study [56] was published in 2009, which might indicate that the salmon used in it might have had a significantly different nutritional value compared to the salmon used in the present study (as in recent years, the diets given to farmed salmon have changed resulting in changed nutritional value [22]); however, no detailed information about the salmon used in it was provided. Moreover, the older age of the participants in the cited study [56] might have played a role, too.

Concerning the various atherogenic indices analyzed in the presented study, differences across the two studied groups were seen for the Cholinindex change during the study. A positive from a health perspective decrease was noted in the intervention group, while a negative from a health perspective increase was observed in the control group. These differences correspond to the fact that differences concerning the LDL changes across the groups were indicated, as the LDL concentration is used in the formula to calculate Cholinindex. Nevertheless, a decrease in that index is very positive, as it is considered to be more strongly associated with CVD risk than other lipid parameters considered individually [36].

The results of the presented study indicate that the intervention was mostly effective concerning the LDL concentrations and, consequently, the changes in the Cholinindex. However, what should also be noted is the decreasing *p*-value in almost all analyzed lipid metabolites. This might indicate that had the intervention lasted longer, differences concerning the other lipid metabolites may have also been observed.

A negative change observed in the presented study was the increase in TAG in the intervention group compared to the control group. While for the whole studied group, the difference was very close to statistically significant, for participants of higher cardiovascular risk (WHtR > 0.5), the difference was statistically significant, and an increase was noted in the intervention group and a decrease in the control group. Contrary to these results, results from a 4-week intervention study in which overweight men and women consumed farmed Atlantic salmon twice a week with different portion sizes ranging from 90 to 270 g indicated that even at the lowest salmon intakes, namely 180 g weekly, decreases in TAG were observed [57]. Additionally, the previously cited meta-analysis by Alhassan et al. [21], as well as a more recent review of randomized control trials [55], stated that consuming oily fish seems to have a TAG-lowering effect in both healthy and non-healthy populations. However, the latter review [55] also indicated lipidomics studies in which increases in some of the TAGs (usually those with a longer chain and a greater number of desaturations such as TAG(22:6) and TAG(20:5) or TAG(56:5) and TAG(56:7)) were associated with increasing fatty fish intake, suggesting that fish intake does not only influence TAG concentrations but possibly also remodels the structure. It concluded that determining the optimal quantity of fish needed to effectively reduce TAG remains challenging [55].

The changes in the lipid profile parameters observed in the presented study, namely the decrease in LDL concentration and the TAG concentration increase in the intervention group, can be most probably attributed to the long-chain omega-3 fatty acids found in salmon, such as the ALA, EPA, and DHA. The presence of EPA and DHA, primarily found in fish and seafood [18], is the reason why fish are recommended in various nutritional guidelines [25], including the ones from the AHA, to reduce cardiovascular risk [12,16]. However, in intervention studies using purified EPA and DHA, EPA was found not to

influence LDL concentrations, while the DHA increased its concentrations [58], contrary to the results of the presented study. On the other hand, replacing SFA with MUFA was seen to lower LDL concentration in moderately hypercholesterolemic individuals [59], while replacing the intake of oil high in LA and low in ALA with oils high in MUFA and ALA and low in LA resulted in LDL concentration decreases [60]. Because in the presented study MUFA accounted for 53%, while omega-3 fatty acids accounted for 14% of the whole fat in the intervention salmon, it might somehow explain the results. On the other hand, the omega-6 content was as high as omega-3 and also accounted for 14%. Contrary to the cited studies [59,60], a meta-analysis by Cao et al. [61] indicated that the consumption of MUFA does not affect LDL concentrations but can lower TAG. Moreover, as described above, other fish-based intervention studies [56,57] and meta-analyses [21,55] found that increasing oily fish intake reduces TAG and increases HDL, which was not observed in the presented study.

4.4. Content of Various Fatty Acids in Salmon

Although salmon belongs to the group of fatty fish, which are known to be good sources of omega-3 fatty acids [62], it seems that the differences between various salmon samples are huge, which can be seen when comparing the nutritional value of 100 g of the smoked salmon used in the intervention with data for smoked salmon from the USDA [63]. In the presented study, the MUFA corresponded to 5.23 g, while in the USDA database, to 2.02 g; the ALA (C18:3n3) in the presented study was 450 mg, while PUFA 18:3 in USDA is 0 mg; the EPA in the presented study was 290 mg, in the USDA database 183 mg; the DHA in the presented study was 320 mg, while in the USDA database 267 mg [63]. In the presented study, the total lipids corresponded to 9.87 g and in the USDA database to 4.32 g, which is also associated with the energy value of the smoked salmon—in the presented study 176 kcal and in the USDA database 117 kcal per 100 g [63]. The smoked salmon used in the intervention was of farmed origin, while the one in the USDA database may have been, as it is not stated there, of wild origin. An analysis of the different fatty acids in salmon of various origins [27] confirms this difference. While the omega-6/omega-3 ratio in farmed salmon in that analysis was 0.7 ± 0.01 , similar to 0.9 in the salmon used in the intervention, in wild salmon, it was 0.05 ± 0.01 , which is more than ten times less [27].

A more profound insight can be provided when analyzing the fatty acid composition of raw farmed Atlantic salmon according to the USDA database [64]. According to that analysis, the EPA in the salmon was 862 mg compared to 290 mg in the salmon used in the intervention, and the DHA 1100 mg compared to 320 mg [64]. In both cases, the content of the beneficial fatty acids (EPA and DHA) is around three times more in the salmon in the USDA table than in the salmon used in the intervention. Importantly, these data were not updated after 2008 [64], which might indicate that the nutritional value of farmed Atlantic salmon has changed substantially in recent years, with less EPA and DHA at present. This seems to be reflected in intervention studies conducted using farmed Atlantic salmon. In the presented study, which was conducted in 2021–2022, the 200 g of smoked salmon weekly provided 174 mg of EPA + DHA daily, while in a study of a similar design but conducted ten years before (2010–2012) [57], 180 g of farmed Atlantic salmon weekly provided 307 mg of these fatty acids, which is 1.8 times more than in the presented study. These differences might be due to the different feed provided to the salmon as well as the fact that the cited study was conducted in the USA [57], while the presented one was in Poland. Nevertheless, the differences in the EPA + DHA content in various salmon samples, even across farmed Atlantic salmon, are clear.

One might wonder whether the process of smoking does not decrease the amount of the beneficial EPA and DHA. However, studies show that the EPA and DHA concentrations in Atlantic salmon after cold smoking are not different than in raw salmon, while the process of smoking has a protective effect on the EPA and DHA, with a three times higher loss of these fatty acids in raw samples compared to smoked samples during storage [65].

A small cross-over study conducted in a group of 20 clinically healthy adults showed very interesting and thought-provoking results concerning the influence of the content of EPA + DHA and omega-6/omega-3 on lipid profile [66]. Participants in that study consumed 630 g of gilthead sea bream weekly, which was fed with either 100% fishmeal or fishmeal mixed with plant proteins (50%/50%). While the intake of EPA + DHA was similar in both groups, the omega-6/omega-3 ratio was almost two times higher in the group consuming gilthead sea bream fed with fishmeal mixed with plant protein compared to fed with 100% fishmeal (0.91 vs. 0.48). Importantly, the lipid profile of the study participants was influenced greatly by the diet they consumed. In the group that first consumed the fish fed with 100% fishmeal, significant decreases in TC, LDL, and TAG were seen after that phase, while after the second phase (consuming fish fed with fishmeal mixed with plant protein), their concentrations returned to baseline levels. In the other group, no differences were seen after their first phase (consuming fish fed with fishmeal mixed with plant protein), while an increase in TC was noted after the second phase of the intervention (consuming the fish fed with 100% fishmeal) [66].

These compelling findings, dating back to 2013, clearly suggest that not only the EPA + DHA sum but possibly even more so the omega-6/omega-3 ratio in the consumed fish, determines the various changes in lipid profile in terms of primary prevention of CVD. Of note, as written above, despite consuming 630 g of gilthead sea bream fed with fishmeal mixed with plant protein weekly and subsequently high intakes of EPA + DHA, no changes were observed concerning the lipid profile parameters of the participants [66]. This might help explain the results of the presented study, in which no differences were seen for the TC and TAG across the groups, as the omega-6/omega-3 ratio of the salmon used in the presented intervention was 0.9—just like in the cited study [66]. Despite conflicting results, it seems that higher omega-6/omega-3 ratios in the blood are connected to negative cardiovascular outcomes [67]; therefore, the omega-6/omega-3 ratio in the salmon consumed seems to play a role in providing health benefits.

Over the past two decades, commercial diets of farmed salmon have changed toward a more plant-based diet due to the limited availability of marine fishmeal and fish oil, which is known to result in decreased EPA + DHA and increased omega-6 fatty acids [22]. According to Sissener [22], while numerous dietary interventions with salmon showed beneficial effects on fatty acids profiles and health parameters in humans, many of these studies used salmon fed with high levels of marine-derived feed. The results from the presented study, in which, looking at the fatty acids composition of the used salmon, the salmon were probably fed with plant-based ingredients, seem to indicate that the beneficial effects of increasing salmon intake on various health outcomes seen in meta-analyses [13,14,68–72] might not necessarily be noted in studies conducted at present due to a less beneficial omega-6/omega-3 ratio.

However, what should also be stated is that salmon is not only a source of essential fatty acids in the human diet [16], but it can also provide significant amounts of vitamin D, which is especially important when no skin synthesis is possible due to the latitude of the place of residence and the season of the year [73]. Vitamin D3 content in commercially available farmed Atlantic salmon in Poland is stated to be 21.3 µg/100 g [62], which covers 142% of the recommended adequate intake of 15 µg daily [74]. Salmon can provide selenium and iodine to the human diet, as well [31].

4.5. Strengths and Limitations

The presented study is, to the best of our knowledge, the first to assess the influence of increasing farmed salmon intake on lipid profile characteristics in young women with excessive body weight without providing a weight-loss diet. Moreover, the amount of salmon used in the intervention complied with fish intake recommendations and can be easily incorporated into a person's habitual diet, making it possible to adhere to such a diet in a real-life context. Importantly, despite only a modest dietary adjustment of incorporating 200 g of smoked salmon weekly into the participants' diet, significant differences between

the two studied groups were seen for the LDL change, especially in participants with a WHtR ratio of more than 0.5, as well as for the Cholindex, which is an important atherogenic index. These noteworthy results indicate that increasing fatty fish intake, such as the intake of salmon, might be one of the recommendations that could be given to young women with excessive body weight who are at risk of developing cardiovascular disease in the future.

Despite numerous strengths, the study also has limitations. The study ultimately included only 38 participants, which limits the ability to generalize the findings to larger populations. Additionally, since some of the analyzed parameters had non-significant but close-to-statistically-significant differences, a greater sample size might have resulted in more statistically significant differences across the studied group. However, as the study assumed the inclusion only of young women with excessive body weight residing in Warsaw or its surroundings (due to the multiple visits to the place of conducting the study), gathering a larger group for the study was not feasible. Moreover, since the intervention lasted only 8 weeks, the long-term effects of increasing farmed salmon intake on the analyzed parameters, as well as the real CVD risk reduction, cannot be assessed. Additionally, considering the observed TAG increase in the intervention group compared to a decrease in the control group among participants with a WHtR of more than 0.5, as well as the fact that TAG concentrations can be influenced by other lifestyle factors, such as alcohol consumption, it might have been beneficial to assess participants' alcohol intake throughout the study. However, while some studies show that higher alcohol consumption is associated with higher TAG concentrations [75], others indicate that the incidence of elevated TAG is lowest in subjects with moderate alcohol consumption (10–20 g/alcohol a day), similar to the J-shaped association between alcohol consumption and cardiovascular risk [76]; hence, it seems that, to date, the question if and how alcohol consumption influences TAG concentrations is still unsolved. Last but not least, since physical activity may influence lipid metabolism [77], it might have been beneficial to assess participants' physical activity throughout the study time. However, at baseline, no differences were noted in the physical activity level between the groups. At the same time, participants were clearly instructed not to make efforts to lose weight, which can be achieved through an increase in physical activity or diet alterations, which was also restricted during the intervention period.

5. Conclusions

Despite increasing the intake of farmed smoked salmon to 200 g weekly, no differences were observed in the absolute values of the analyzed lipid profile parameters and atherogenic indices between the intervention and the control group after the 8-week-long intervention. However, differences in certain changes were noted, such as for the LDL and the Cholindex), for which decreases were noted in the intervention group, while increases were seen in the control group. On the other hand, across participants with WHtR > 0.5, an increase in TAG in the intervention group and a decrease in the control group was noted. Regarding the observed beneficial influence of increasing salmon intake to the recommended amounts on decreasing LDL and Cholindex in young women with excessive body weight after 8 weeks, it seems that such a diet alteration might be recommended for this group to decrease their risk of CVD in the future. Nevertheless, regarding the diverse influence on TAG, further studies are needed to assess the long-term influence of increasing the intake of fatty fish available on the market at present on human health.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/nu16234051/s1>, Table S1: Lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) across obese participants (BMI \geq 30.0 kg/m²); Table S2: Lipid profile changes from baseline to the middle of the intervention (from w0 to w5), from the middle to after the intervention (from w5 to w9), and from baseline to after the intervention (from w0 to w9) across participants with a WHtR \leq 0.5.

Author Contributions: Conceptualization, Z.U.-K. and D.G.; methodology, Z.U.-K. and D.G.; investigation, Z.U.-K.; writing—original draft preparation, Z.U.-K.; writing—review and editing, Z.U.-K. and D.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The research was co-funded by a grant NCN Miniatura 2—DEC-2018/02/X/NZ9/02819 and by the Polish Ministry of Education and Science within the funds of the Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS), for scientific research.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of the Faculty of Human Nutrition and Consumer Sciences of the Warsaw University of Life Sciences (No. 27/2018, approval date: 29 October 2018) and the Ethics Committee of the Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw (No. 2/2021, approval date: 20 January 2021).

Informed Consent Statement: Written informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: Data are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available due to ethical reasons.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. WHO. Obesity and Overweight. Available online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (accessed on 25 September 2024).
2. Panuganti, K.K.; Nguyen, M.; Kshirsagar, R.K. Obesity. Available online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459357/> (accessed on 25 September 2024).
3. Jayedi, A.; Soltani, S.; Motlagh, S.Z.; Emadi, A.; Shahinfar, H.; Moosavi, H.; Shab-Bidar, S. Anthropometric and Adiposity Indicators and Risk of Type 2 Diabetes: Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Cohort Studies. *BMJ* **2022**, *376*, e067516. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Opio, J.; Croker, E.; Odongo, G.S.; Attia, J.; Wynne, K.; McEvoy, M. Metabolically Healthy Overweight/Obesity Are Associated with Increased Risk of Cardiovascular Disease in Adults, even in the Absence of Metabolic Risk Factors: A Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Obes. Rev.* **2020**, *21*, e13127. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Zaen, N.A.; Tamtomo, D.; Ichsan, B. Effects of Overweight and Obesity on Hypertension in Adolescents: A Meta-Analysis. *J. Epidemiol. Public Health* **2023**, *8*, 109–120. [[CrossRef](#)]
6. Hasan, B.; Nayfeh, T.; Alzuabi, M.; Wang, Z.; Kuchkuntla, A.R.; Prokop, L.J.; Newman, C.B.; Murad, M.H.; Rajjo, T.I. Weight Loss and Serum Lipids in Overweight and Obese Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2020**, *105*, 3695–3703. [[CrossRef](#)]
7. Bays, H.E.; Kirkpatrick, C.; Maki, K.C.; Toth, P.P.; Morgan, R.T.; Tondt, J.; Christensen, S.M.; Dixon, D.; Jacobson, T.A. Obesity, Dyslipidemia, and Cardiovascular Disease: A Joint Expert Review from the Obesity Medicine Association and the National Lipid Association 2024. *Obes. Pillars* **2024**, *10*, 100108. [[CrossRef](#)]
8. Bays, H.E.; Bindlish, S.; Clayton, T.L. Obesity, Diabetes Mellitus, and Cardiometabolic Risk: An Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement (CPS) 2023. *Obes. Pillars* **2023**, *5*, 100056. [[CrossRef](#)]
9. Clayton, T.L.; Fitch, A.; Bays, H.E. Obesity and Hypertension: Obesity Medicine Association (OMA) Clinical Practice Statement (CPS) 2023. *Obes. Pillars* **2023**, *8*, 100083. [[CrossRef](#)]
10. Boutari, C.; Mantzoros, C.S. A 2022 Update on the Epidemiology of Obesity and a Call to Action: As Its Twin COVID-19 Pandemic Appears to Be Receding, the Obesity and Dysmetabolism Pandemic Continues to Rage On. *Metabolism* **2022**, *133*, 155217. [[CrossRef](#)]
11. Wane, S.; van Uffelen, J.G.Z.; Brown, W. Determinants of Weight Gain in Young Women: A Review of the Literature. *J. Women's Health* **2010**, *19*, 1327–1340. [[CrossRef](#)]
12. Lichtenstein, A.H.; Appel, L.J.; Vadiveloo, M.; Hu, F.B.; Kris-Etherton, P.M.; Rebholz, C.M.; Sacks, F.M.; Thorndike, A.N.; van Horn, L.; Wylie-Rosett, J. 2021 Dietary Guidance to Improve Cardiovascular Health: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation* **2021**, *144*, e472–e487. [[CrossRef](#)]
13. Jayedi, A.; Shab-Bidar, S. Fish Consumption and the Risk of Chronic Disease: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Prospective Cohort Studies. *Adv. Nutr.* **2020**, *11*, 1123–1133. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Zhang, B.; Xiong, K.; Cai, J.; Ma, A. Fish Consumption and Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis. *Nutrients* **2020**, *12*, 2278. [[CrossRef](#)]
15. FAO/WHO. *FAO/WHO Background Document on the Risks and Benefits of Fish Consumption*; FAO/WHO: Rome, Italy, 2024.
16. Rimm, E.B.; Appel, L.J.; Chiuve, S.E.; Djoussé, L.; Engler, M.B.; Kris-Etherton, P.M.; Mozaffarian, D.; Siscovick, D.S.; Lichtenstein, A.H. Seafood Long-Chain n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Disease: A Science Advisory from the American Heart Association. *Circulation* **2018**, *138*, e35–e47. [[CrossRef](#)]

17. Micha, R.; Khatibzadeh, S.; Shi, P.; Fahimi, S.; Lim, S.; Andrews, K.G.; Engell, R.E.; Powles, J.; Ezzati, M.; Mozaffarian, D. Global, Regional, and National Consumption Levels of Dietary Fats and Oils in 1990 and 2010: A Systematic Analysis Including 266 Country-Specific Nutrition Surveys. *BMJ* **2014**, *348*, g2272. [[CrossRef](#)]
18. Swanson, D.; Block, R.; Mousa, S.A. Omega-3 Fatty Acids EPA and DHA: Health Benefits throughout Life. *Adv. Nutr.* **2012**, *3*, 1–7. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of Eicosapentaenoic Acid (EPA), Docosahexaenoic Acid (DHA) and Docosapentaenoic Acid (DPA). *EFSA J.* **2012**, *10*, 2815. [[CrossRef](#)]
20. Mohan, D.; Mente, A.; Dehghan, M.; Rangarajan, S.; O'Donnell, M.; Hu, W.; Dagenais, G.; Wielgosz, A.; Lear, S.; Wei, L.; et al. Associations of Fish Consumption with Risk of Cardiovascular Disease and Mortality among Individuals with or without Vascular Disease from 58 Countries. *JAMA Intern. Med.* **2021**, *181*, 631–649. [[CrossRef](#)]
21. Alhassan, A.; Young, J.; Lean, M.E.J.; Lara, J. Consumption of Fish and Vascular Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis of Intervention Studies. *Atherosclerosis* **2017**, *266*, 87–94. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Sissener, N.H. Are We What We Eat? Changes to the Feed Fatty Acid Composition of Farmed Salmon and Its Effects through the Food Chain. *J. Exp. Biol.* **2018**, *221*, jeb161521. [[CrossRef](#)]
23. Nuttall, F.Q. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review. *Nutr. Today* **2015**, *50*, 117–128. [[CrossRef](#)]
24. FAO/WHO. *Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption: Rome, 25–29 January 2010*; FAO/WHO: Rome, Italy, 2011.
25. Lofstedt, A.; de Roos, B.; Fernandes, P.G. Less than Half of the European Dietary Recommendations for Fish Consumption Are Satisfied by National Seafood Supplies. *Eur. J. Nutr.* **2021**, *60*, 4219–4228. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Colombo, S.M.; Mazal, X. Investigation of the Nutritional Composition of Different Types of Salmon Available to Canadian Consumers. *J. Agric. Food Res.* **2020**, *2*, 100056. [[CrossRef](#)]
27. Jensen, I.J.; Eilertsen, K.E.; Otnæs, C.H.A.; Mæhre, H.K.; Elvevoll, E.O. An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods* **2020**, *9*, 1901. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. *ISO/EIC 17025*; General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. ISO Copyright Office: Geneva, Switzerland, 2017.
29. Szponar, L.; Wolnicka, K.; Rychlik, E. *Album of Photographs of Food Products and Dishes*; Moiska, K., Ed.; Instytut Żywności i Żywienia: Warsaw, Poland, 2000.
30. Nuvero—Professional Dietetic Program. Available online: <https://nuvero.pl/> (accessed on 12 November 2024). (In Polish)
31. Kunachowicz, H.; Przygoda, B.; Nadolna, I.; Iwanow, K. *Polish Food Composition Tables*; PZWL: Warsaw, Poland, 2017. (In Polish)
32. USDA. Food Data Central. Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/> (accessed on 12 November 2024).
33. Solnica, B.; Sygitowicz, G.; Sitkiewicz, D.; Cybulska, B.; Józwiak, J.; Odrowąż-Sypniewska, G.; Banach, M. 2020 Guidelines of the Polish Society of Laboratory Diagnostics (PSLD) and the Polish Lipid Association (PoLA) on Laboratory Diagnostics of Lipid Metabolism Disorders. *Arch. Med. Sci.* **2020**, *16*, 237–252. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. Dobiášová, M. Atherogenic Index of Plasma [Log(Triglycerides/HDL-Cholesterol)]: Theoretical and Practical Implications. *Clin. Chem.* **2004**, *50*, 1113–1115. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Gol, R.M.; Rafraf, M.; Jafarabadi, M.A. Assessment of Atherogenic Indices and Lipid Ratios in the Apparently Healthy Women Aged 30–55 Years. *Arter. Hypertens.* **2021**, *25*, 172–177. [[CrossRef](#)]
36. Akpınar, O.; Bozkurt, A.; Acartürk, E.; Şeydaoğlu, G. A New Index (CHOLINDEX) in Detecting Coronary Artery Disease Risk. *Anatol. J. Cardiol.* **2013**, *13*, 315–319. [[CrossRef](#)]
37. Salcedo-Cifuentes, M.; Belalcazar, S.; Acosta, E.Y.; Medina-Murillo, J.J. Conventional Biomarkers for Cardiovascular Risks and Their Correlation with the Castelli Risk Index-Indices and Tg/Hdl-c. *Arch. Med.* **2019**, *20*, 11–22. [[CrossRef](#)]
38. Wan, K.; Zhao, J.; Huang, H.; Zhang, Q.; Chen, X.; Zeng, Z.; Zhang, L.; Chen, Y. The Association between Triglyceride/High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and All-Cause Mortality in Acute Coronary Syndrome after Coronary Revascularization. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0123521. [[CrossRef](#)]
39. International Society for Advancement of Kinanthropometry. *International Standards for Anthropometric Assessment*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Potchefstroom, South Africa, 2001; ISBN 9780868037127.
40. Xue, R.; Li, Q.; Geng, Y.; Wang, H.; Wang, F.; Zhang, S. Abdominal Obesity and Risk of CVD: A Dose–Response Meta-Analysis of Thirty-One Prospective Studies. *Br. J. Nutr.* **2021**, *126*, 1420–1430. [[CrossRef](#)]
41. Potter, A.W.; Chin, G.C.; Looney, D.P.; Friedl, K.E. Defining Overweight and Obesity by Percent Body Fat Instead of Body Mass Index. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2024**, dgae341. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Plate of Healthy Eating—Polish National Center for Nutrition Education. Available online: <https://ncez.pzh.gov.pl/abc-zywienia/talerz-zdrowego-zywienia/> (accessed on 18 January 2023). (In Polish)
43. American Heart Association. Fish and Omega-3 Fatty Acids. Available online: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/fats/fish-and-omega-3-fatty-acids> (accessed on 2 November 2023).
44. Gouvernement Du Québec. Fish Consumption Recommendations—Fish Consumption and Health. Available online: <https://www.quebec.ca/en/health/nutrition/healthy-eating-habits/fish-consumption-and-health/recommendations> (accessed on 13 January 2022).

45. Sousa, I.R.; Miranda, M.; Gomes, H.; Figueiredo, A.; Silva, J.; Campos, J. Relationship Between Smoking and Lipid Profile in Four Primary Health Care Units: A Research Study. *Cureus* **2024**, *16*, e69172. [CrossRef] [PubMed]
46. Willett, W.; Hennekens, C.H.; Castelli, W.; Rosner, B.; Evans, D.; Taylor, J.; Kass, E.H. Effects of Cigarette Smoking on Fasting Triglyceride, Total Cholesterol, and HDL-Cholesterol in Women. *Am. Heart J.* **1983**, *105*, 417–421. [CrossRef]
47. Statistics Poland—Demographic Yearbook of Poland 2023. Available online: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-demograficzny-2023,3,17.html> (accessed on 14 October 2024).
48. Traczyk, I.; Kucharska, A.; Sińska, B.I.; Panczyk, M.; Wronka, L.; Raciborski, F.; Szostak-Wegierek, D.; Samoliński, B. Every second adult inhabitant of Poland (aged 18–64) is overweight—Results of representative cross-sectional studies conducted in 2017–2020. *Ann. Agric. Environ. Med.* **2023**, *30*, 322–330. [CrossRef] [PubMed]
49. Bays, H.E.; Toth, P.P.; Kris-Etherton, P.M.; Abate, N.; Aronne, L.J.; Brown, W.V.; Gonzalez-Campoy, J.M.; Jones, S.R.; Kumar, R.; La Forge, R.; et al. Obesity, Adiposity, and Dyslipidemia: A Consensus Statement from the National Lipid Association. *J. Clin. Lipidol.* **2013**, *7*, 304–383. [CrossRef]
50. The Jamovi Project. Jamovi, Version 2.6.2.0. 2024. Available online: <https://www.jamovi.org> (accessed on 2 April 2024).
51. Perak, A.M.; Ning, H.; Kit, B.K.; De Ferranti, S.D.; van Horn, L.V.; Wilkins, J.T.; Lloyd-Jones, D.M. Trends in Levels of Lipids and Apolipoprotein B in US Youths Aged 6 to 19 Years, 1999–2016. *JAMA* **2019**, *321*, 1895–1905. [CrossRef]
52. Liu, L.Y.; Aimaiti, X.; Zheng, Y.Y.; Zhi, X.Y.; Wang, Z.L.; Yin, X.; Pan, Y.; Wu, T.T.; Xie, X. Epidemic Trends of Dyslipidemia in Young Adults: A Real-World Study Including More than 20,000 Samples. *Lipids Health Dis.* **2023**, *22*, 108. [CrossRef]
53. AlMuhaidib, S.; AlBuhairan, F.; Tamimi, W.; AlDubayee, M.; AlAqeel, A.; Babiker, A.; AlFaraidi, H.; AlJuraibah, F.; Badri, M.; Al Alwan, I. Prevalence and Factors Associated with Dyslipidemia among Adolescents in Saudi Arabia. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 16888. [CrossRef]
54. Huffman, K.M.; Hawk, V.H.; Henes, S.T.; Ocampo, C.I.; Orenduff, M.C.; Slentz, C.A.; Johnson, J.L.; Houmard, J.A.; Samsa, G.P.; Kraus, W.E.; et al. Exercise Effects on Lipids in Persons with Varying Dietary Patterns—Does Diet Matter If They Exercise? Responses in Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention through Defined Exercise I. *Am. Heart J.* **2012**, *164*, 117–124. [CrossRef]
55. McMullan, J.E.; Yeates, A.J.; Allsopp, P.J.; Mulhern, M.S.; Strain, J.J.; van Wijngaarden, E.; Myers, G.J.; Shroff, E.; Shamlaye, C.F.; McSorley, E.M. Fish Consumption and Its Lipid Modifying Effects—A Review of Intervention Studies. *Neurotoxicology* **2023**, *99*, 82–96. [CrossRef] [PubMed]
56. Rajaram, S.; Haddad, E.H.; Mejia, A.; Sabaté, J. Walnuts and Fatty Fish Influence Different Serum Lipid Fractions in Normal to Mildly Hyperlipidemic Individuals: A Randomized Controlled Study. *Am. J. Clin. Nutr.* **2009**, *89*, 1657S–1663S. [CrossRef] [PubMed]
57. Raatz, S.K.; Johnson, L.K.; Rosenberger, T.A.; Picklo, M.J. Twice Weekly Intake of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Positively Influences Lipoprotein Concentration and Particle Size in Overweight Men and Women. *Nutr. Res.* **2016**, *36*, 899–906. [CrossRef] [PubMed]
58. Mori, T.A.; Burke, V.; Puddey, I.B.; Watts, G.F.; O’Neal, D.N.; Best, J.D.; Beilin, L.J. Purified Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Acids Have Differential Effects on Serum Lipids and Lipoproteins, LDL Particle Size, Glucose, and Insulin in Mildly Hyperlipidemic Men. *Am. J. Clin. Nutr.* **2000**, *71*, 1085–1094. [CrossRef]
59. Gill, J.M.R.; Brown, J.C.; Caslake, M.J.; Wright, D.M.; Cooney, J.; Bedford, D.; Hughes, D.A.; Stanley, J.C.; Packard, C.J. Effects of Dietary Monounsaturated Fatty Acids on Lipoprotein Concentrations, Compositions, and Subfraction Distributions and on VLDL Apolipoprotein B Kinetics: Dose-Dependent Effects on LDL. *Am. J. Clin. Nutr.* **2003**, *78*, 47–56. [CrossRef] [PubMed]
60. Salar, A.; Faghih, S.; Pishdad, G.R. Rice Bran Oil and Canola Oil Improve Blood Lipids Compared to Sunflower Oil in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized, Single-Blind, Controlled Trial. *J. Clin. Lipidol.* **2016**, *10*, 299–305. [CrossRef] [PubMed]
61. Cao, X.; Xia, J.; Zhou, Y.; Wang, Y.; Xia, H.; Wang, S.; Liao, W.; Sun, G. The Effect of MUFA-Rich Food on Lipid Profile: A Meta-Analysis of Randomized and Controlled-Feeding Trials. *Foods* **2022**, *11*, 1982. [CrossRef]
62. Utri-Khodadady, Z.; Głabska, D.; Guzek, D. Effect of Consuming Salmon Products on Vitamin D Status of Young Caucasian Women in Autumn—A Randomized 8-Week Dietary VISA 2 (Vitamin D in Salmon Part 2) Intervention Study. *Nutrients* **2024**, *16*, 3565. [CrossRef]
63. USDA. Food Data Central—Food Search: Fish, Salmon, Smoked. Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2341707/nutrients> (accessed on 24 October 2024).
64. USDA. Food Data Central—Food Search: Fish, Salmon, Atlantic, Farmed, Raw. Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2341707/nutrients> (accessed on 24 October 2024).
65. Bienkiewicz, G.; Tokarczyk, G.; Biernacka, P. Influence of Storage Time and Method of Smoking on the Content of EPA and DHA Acids and Lipid Quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Meat. *Int. J. Food Sci.* **2022**, *2022*, 1218347. [CrossRef]
66. Sofi, F.; Giorgi, G.; Cesari, F.; Gori, A.M.; Mannini, L.; Parisi, G.; Casini, A.; Abbate, R.; Gensini, G.F.; Poli, B.M. The Atherosclerotic Risk Profile Is Affected Differently by Fish Flesh with a Similar EPA and DHA Content but Different n-6/n-3 Ratio. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* **2013**, *22*, 32–40. [CrossRef]
67. Zhang, Y.; Sun, Y.; Yu, Q.; Song, S.; Brenna, J.T.; Shen, Y.; Ye, K. Higher Ratio of Plasma Omega-6/Omega-3 Fatty Acids Is Associated with Greater Risk of All-Cause, Cancer, and Cardiovascular Mortality: A Population-Based Cohort Study in UK Biobank. *Elife* **2024**, *12*, RP90132. [CrossRef] [PubMed]

68. Karimi, G.; Heidari, Z.; Firouzi, S.; Haghighatdoost, F. A Systematic Review and Meta-Analysis of the Association between Fish Consumption and Risk of Metabolic Syndrome. *Nutr. Metab. Cardiovasc Dis.* **2020**, *30*, 717–729. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Zhao, H.; Wang, M.; Peng, X.; Zhong, L.; Liu, X.; Shi, Y.; Li, Y.; Chen, Y.; Tang, S. Fish Consumption in Multiple Health Outcomes: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Observational and Clinical Studies. *Ann. Transl. Med.* **2023**, *11*, 152. [[CrossRef](#)]
70. Li, F.; Liu, X.; Zhang, D. Fish Consumption and Risk of Depression: A Meta-Analysis. *J. Epidemiol. Community Health* **2016**, *70*, 299–304. [[CrossRef](#)]
71. Zhao, L.G.; Sun, J.W.; Yang, Y.; Ma, X.; Wang, Y.Y.; Xiang, Y.B. Fish Consumption and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Cohort Studies. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2016**, *70*, 155–161. [[CrossRef](#)]
72. Mendivil, C.O. Fish Consumption: A Review of Its Effects on Metabolic and Hormonal Health. *Nutr. Metab. Insights* **2021**, *14*, 117863882110223. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
73. Webb, A.R.; Kline, L.; Holick, M.F. Influence of Season and Latitude on the Cutaneous Synthesis of Vitamin D3: Exposure to Winter Sunlight in Boston and Edmonton Will Not Promote Vitamin D3 Synthesis in Human Skin. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1988**, *67*, 373–378. [[CrossRef](#)]
74. Jarosz, M.; Rychlik, E.; Stoś, K.; Charzewska, J. *Nutrition Recommendations for the Polish Population and Their Application*; Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego—Państwowy Zakład Higieny: Warszawa, Poland, 2020. Available online: <https://ncez.pl/abczywienia-/zasadyzdrowego-zywienia/normy-zywienia-2020> (accessed on 22 October 2024). (In Polish)
75. Ruidavets, J.B.; Ducimetière, P.; Evans, A.; Montaye, M.; Haas, B.; Bingham, A.; Yarnell, J.; Amouyel, P.; Arveiler, D.; Kee, F.; et al. Patterns of Alcohol Consumption and Ischaemic Heart Disease in Culturally Divergent Countries: The Prospective Epidemiological Study of Myocardial Infarction (PRIME). *BMJ* **2010**, *341*, c6077. [[CrossRef](#)]
76. Kovář, J.; Zemánková, K. Moderate Alcohol Consumption and Triglyceridemia. *Physiol. Res.* **2015**, *64*, S371–S375. [[CrossRef](#)]
77. Mika, A.; Macaluso, F.; Barone, R.; Di Felice, V.; Sledzinski, T. Effect of Exercise on Fatty Acid Metabolism and Adipokine Secretion in Adipose Tissue. *Front. Physiol.* **2019**, *10*, 26. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher’s Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Warszawa, 11.09.2025

Zofia Utri-Khodadady

zofia_utri@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D. **Effects of increasing farmed salmon intake to the recommended fish-intake amounts on lipid profile in young women: An 8-week intervention study.** *Nutrients*. 2024; 16(23): 4051

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania, przeprowadzeniu badania, zarządzaniu danymi, analizie statystycznej danych, przygotowaniu manuskryptu oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu (wiodący udział),

co stanowi **ok. 80%** całej pracy.

Zofia Utri-Khodadady

Podpis

Warszawa, 11.09.2025

Dominika Głabska

dominika_glabska@sggw.edu.pl

Katedra Dietetyki

Instytut Nauk o Żywieniu Człowieka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Rada Dyscypliny Technologii
Żywności i Żywnienia**

**Szkoły Głównej Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie**

Oświadczenie o współautorstwie

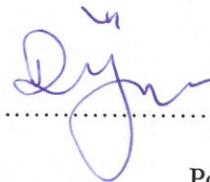
Niniejszym oświadczam, że w pracy

Utri-Khodadady Z, Głabska D. **Effects of increasing farmed salmon intake to the recommended fish-intake amounts on lipid profile in young women: An 8-week intervention study.** *Nutrients*. 2024; 16(23): 4051

mój indywidualny udział w jej powstaniu polegał na uczestnictwie w:

opracowaniu koncepcji i metodyki badania oraz wprowadzeniu poprawek i edycji manuskryptu,

co stanowi **ok. 20%** całej pracy.



.....
Podpis