

mgr Klaudia Wiśniewska

**Wpływ diet opartych na produktach roślinnych na wybrane
parametry metaboliczne i cechy apetytu u osób z otyłością
i chorobami jej towarzyszącymi**

The Effects of Plant-Based Dietary Patterns on Selected Metabolic
Parameters and Appetite-Related Traits in Individuals with Obesity
and Obesity-Associated Comorbidities

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki o zdrowiu
przedkładana Radzie Dyscypliny Nauk o Zdrowiu
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Promotor: prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Aneta Nitsch-Osuch

Promotor pomocniczy: dr inż. Katarzyna Okręglicka

Warszawa, 2026

Słowa kluczowe

dieta roślinna, otyłość, zespół metaboliczny, parametry metaboliczne, cechy apetytu, utrata masy ciała, interwencja żywieniowa

Keywords

plant-based diet, obesity, metabolic syndrome, metabolic parameters, appetitive traits, weight loss, dietary intervention

PODZIĘKOWANIA

Pragnę złożyć wyrazy najgłębszej wdzięczności

Pani Promotor, prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Anecie Nitsch-Osuch za nieocenione wsparcie, życzliwość i mądrość, które towarzyszyły mi na każdym etapie realizacji tej rozprawy. Dziękuję za otwartość i zaufanie, dzięki którym mogłam rozwijać się jako badacz i zdobywać doświadczenia, które ukształtowały mnie naukowo i zawodowo.

Serdeczne podziękowania kieruję również do **Pani Promotor pomocniczej, dr inż. Katarzyny Okręglickiej** za okazaną pomoc – zarówno w laboratorium, jak i poza nim. Dziękuję za cierpliwość, każde dobre słowo, motywację oraz profesjonalizm, który nieustannie był dla mnie inspiracją.

Pragnę wyrazić wdzięczność wszystkim **Współautorom** za cenne wskazówki, wkład merytoryczny, inspirujące dyskusje, konstruktywną krytykę oraz życzliwość, z jaką dzieliliście się swoim doświadczeniem naukowym.

Zespołowi Zakładu Medycyny Społecznej i Zdrowia Publicznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, za życzliwość, wsparcie i otwartość, które towarzyszyły mi podczas wszystkich etapów badań.

Z całego serca dziękuję również **Uczestnikom badania** – osobom, które poświęciły swój czas, podzieliły się zaufaniem i wzięły udział w projekcie, bez którego ta rozprawa nigdy by nie powstała.

Najserdeczniejsze podziękowania składam również moim **Rodzicom – Elżbiecie i Sławomirowi** oraz moim **Braciom – Hubertowi i Danielowi** za nieustającą wiarę w moje możliwości, która dodawała mi sił w chwilach zwątpienia.

W sposób szczególny chcę podziękować **mojemu mężowi, Marcinowi** za niezmiennie wsparcie i cierpliwość. Za to, że był przy mnie na każdym etapie tej wieloletniej drogi – od pierwszych pomysłów badawczych, aż po pisanie tej rozprawy. Bez Ciebie ta naukowa podróż nie byłaby możliwa.

Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską

1. **Wiśniewska K**, Okręglicka KM, Nitsch-Osuch A, Oczkowski M. Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered- A Narrative Review. *Nutrients*. 2024 Jan 4;16(1):165. doi: 10.3390/nu16010165. PMID: 38201994; PMCID: PMC10780839
[IF 5,0, MEiN 140, Q1]
2. **Wiśniewska K**, Okręglicka KM, Jaworski M, Nitsch-Osuch A. Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys. *Nutrients*. 2025 Feb 4;17(3):573. doi: 10.3390/nu17030573. PMID: 39940431; PMCID: PMC11819905
[IF 5,0, MEiN 140, Q1]
3. **Wiśniewska K**, Okręglicka KM, Paskudzka M, Jagielska AM, Bober J, Oczkowski M, Ciepiela O, Nitsch-Osuch A. The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial. *Front Nutr*. 2025 Nov 18;12:1677496. doi: 10.3389/fnut.2025.1677496. PMID: 41340660; PMCID: PMC12668910
[IF 5,1, MEiN 70, Q1]

Łączny Impact Factor cyklu publikacji: 15,1

Łączna punktacja Ministerstwa Edukacji i Nauki cyklu publikacji: 350

SPIS TREŚCI

Słowa kluczowe.....	2
Keywords	2
Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską	4
Wykaz stosowanych skrótów	7
Streszczenie w języku polskim	8
Streszczenie w języku angielskim.....	12
1. Wstęp.....	15
1.1. Otyłość i zaburzenia metaboliczne jako współczesne wyzwanie zdrowia publicznego	15
1.2. Charakterystyka diet opartych na produktach roślinnych	16
1.3. Wpływ diet opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne.	17
1.4. Diety roślinne a cechy apetytu.....	19
1.5. Uzasadnienie połączenia publikacji w cykl.....	21
2. Projekt badania	23
2.1. Cele i założenia projektu	23
2.2. Badanie obserwacyjne przekrojowe	25
2.2.1. Materiał i metody	25
2.2.2. Analiza statystyczna.....	26
2.2.3. Wyniki.....	27
2.2.4. Ograniczenia badania.....	30
2.3. Badanie eksperymentalne z randomizacją.....	31
2.3.1. Materiał i metody	31
2.3.2. Przebieg badania	32
2.3.3. Analiza statystyczna.....	33
2.3.4. Wyniki.....	34
2.3.5. Ograniczenia badania.....	37
3. Podsumowanie i wnioski.....	39
4. Kopie opublikowanych prac.....	44
4.1. Publikacja nr 1	44
Wiśniewska K, Okręglińska KM, Nitsch-Osuch A, Oczkowski M. Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered-A Narrative Review. <i>Nutrients</i> . 2024 Jan 4;16(1):165. doi: 10.3390/nu16010165. PMID: 38201994; PMCID: PMC10780839	44
4.2. Publikacja nr 2.....	60

Wiśniewska K, Okręglicka KM, Jaworski M, Nitsch-Osuch A. Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys. <i>Nutrients</i> . 2025 Feb 4;17(3):573. doi: 10.3390/nu17030573. PMID: 39940431; PMCID: PMC11819905	60
4.3. Publikacja nr 3	80
Wiśniewska K, Okręglicka KM, Paskudzka M, Jagielska AM, Bober J, Oczkowski M, Ciepiela O, Nitsch-Osuch A. The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial. <i>Front Nutr</i> . 2025 Nov 18;12:1677496. doi: 10.3389/fnut.2025.1677496. PMID: 41340660; PMCID: PMC12668910	80
5. Bibliografia.....	99
6. Spis tabel	105
7. Spis rycin.....	106
8. Opinie Komisji Bioetyczne	107
9. Oświadczenia wszystkich współautorów publikacji określające indywidualny wkład w ich powstanie.....	110
9.1. Oświadczenia do publikacji nr 1	110
9.2. Oświadczenia do publikacji nr 2	113
9.3. Oświadczenia do publikacji nr 3	116

Wykaz stosowanych skrótów

- **AEBQ** – Kwestionariusz Zachowań Żywnościowych Dorosłych (ang. Adult Eating Behaviour Questionnaire)
- **BIA** – analiza impedancji bioelektrycznej (ang. Bioelectrical Impedance Analysis)
- **BMI** – wskaźnik masy ciała (ang. Body Mass Index)
- **BST** – teoria podatności behawioralnej (ang. Behavioural Susceptibility Theory)
- **CTRL** – dieta kontrolna oparta na zaleceniach Światowej Organizacji Zdrowia (ang. control diet based on WHO recommendations)
- **DASH** – dieta wspomagająca leczenie nadciśnienia tętniczego (ang. Dietary Approaches to Stop Hypertension)
- **EAT** – dieta na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń Komisji EAT-Lancet (ang. EAT-Lancet Planetary Health Diet)
- **FFQ** – Kwestionariusz Częstotliwości Spożycia Żywności (ang. Food Frequency Questionnaire)
- **GLP-1** – Glukagonopodobny Peptyd-1
- **HOMA-IR** – wskaźnik insulinooporności (ang. Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance)
- **IPAQ-SF** – Międzynarodowy Kwestionariusz Aktywności Fizycznej – wersja skrócona (ang. International Physical Activity Questionnaire – Short Form)
- **KomPAN** – Kwestionariusz do Oceny Zwyczajów Żywnościowych, Stylu Życia i Wiedzy Żywnościowej
- **LOV** – dieta laktoowo-wegetariańska (ang. lacto-ovo-vegetarian diet)
- **MD** – dieta śródziemnomorska (ang. Mediterranean Diet)
- **MET** – równoważnik metaboliczny wysiłku (ang. Metabolic Equivalent of Task)
- **PBD** – diety oparte na produktach roślinnych (ang. Plant-Based Diets)
- **PYY** – Peptyd YY
- **RCT** – randomizowane badanie kontrolowane (ang. Randomized Controlled Trial)
- **SF-36** – kwestionariusz oceny jakości życia (ang. Short Form Health Survey)
- **VG** – dieta wegańska (ang. Vegan Diet)
- **WHO** – Światowa Organizacja Zdrowia (ang. World Health Organization)
- **ZM** – zespół metaboliczny (ang. metabolic syndrome)

Streszczenie w języku polskim

Tytuł: Wpływ diet opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne i cechy apetytu u osób z otyłością i chorobami jej towarzyszącymi

Otyłość oraz zespół metaboliczny stanowią jedne z najpoważniejszych wyzwań zdrowia publicznego XXI wieku, istotnie zwiększając ryzyko rozwoju chorób sercowo-naczyniowych, cukrzycy typu 2 oraz przedwczesnej śmiertelności. Pomimo szerokiej dostępności do edukacji żywieniowej skuteczność długoterminowego leczenia otyłości pozostaje ograniczona, co wskazuje na potrzebę poszukiwania nowych strategii żywieniowych możliwych do utrzymania w dłuższej perspektywie. W ostatnich latach coraz większe zainteresowanie budzą diety oparte na produktach roślinnych, jednak dostępne dowody naukowe są niejednorodne, a wiele kluczowych pytań dotyczących ich skuteczności, mechanizmów działania oraz wpływu na zachowania związane z jedzeniem pozostaje bez jednoznacznych odpowiedzi.

Celem głównym rozprawy doktorskiej była ocena wpływu różnych modeli żywienia opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne, cechy apetytu oraz masę ciała i skład ciała u osób dorosłych, z wykorzystaniem badania przekrojowego oraz randomizowanej interwencji dietetycznej. Realizacja celu obejmowała analizę wzorców żywieniowych i cech apetytu w badaniu przekrojowym oraz ocenę skuteczności różnych modeli diet roślinnych w zakresie redukcji masy ciała, poprawy wybranych parametrów antropometrycznych, metabolicznych oraz cech apetytu by uzyskane wyniki umożliwiły ocenę praktycznego znaczenia badanych modeli dietetycznych w kontekście ich potencjalnego zastosowania w programach leczenia otyłości i zaburzeń metabolicznych.

Rozprawa opiera się na cyklu trzech powiązanych tematycznie publikacji, obejmujących pracę przeglądową, badanie obserwacyjne oraz randomizowane badanie kontrolowane.

Publikacja numer 1 pt. *Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review* stanowi narracyjny przegląd aktualnego piśmiennictwa dotyczącego wpływu diet roślinnych na składowe zespołu metabolicznego.

Analiza dostępnych badań wykazała, że diety roślinne są najczęściej powiązane z niższą masą ciała oraz z korzystnym wpływem na gospodarkę lipidową, węglowodanową i ciśnienie tętnicze krwi, jednak skala obserwowanych efektów była zróżnicowana i zależna od rodzaju

diety, czasu trwania interwencji oraz charakterystyki badanej populacji. Zidentyfikowano istotne luki w wiedzy, w szczególności dotyczące braku bezpośrednich porównań różnych modeli diet roślinnych w ramach jednego protokołu badawczego, ograniczoną liczbę randomizowanych badań klinicznych oraz niewystarczające uwzględnianie aspektów behawioralnych i psychologicznych. Wyniki przeglądu wskazały na potrzebę dalszych, dobrze zaprojektowanych badań interwencyjnych, które umożliwiłyby bardziej precyzyjną ocenę skuteczności i potencjału klinicznego poszczególnych wzorców żywieniowych.

Publikacja numer 2 pt. *Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys* obejmowała badanie przekrojowe obejmujące 553 osoby dorosłe, w którym porównano wzorce żywieniowe oparte na produktach roślinnych i zwierzęcych w odniesieniu do masy ciała, wskaźnika BMI oraz cech apetytu ocenianych za pomocą kwestionariusza Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ). Wykazano, że osoby deklarujące wyższy udział produktów roślinnych w diecie charakteryzowały się niższą masą ciała oraz niższymi wartościami BMI w porównaniu z osobami preferującymi wzorce żywieniowe oparte głównie na produktach pochodzenia zwierzęcego. Analiza cech apetytu wykazała istotne zależności, pomiędzy wzorcami żywieniowymi a wybranymi cechami AEBQ. Wyższe spożycie produktów roślinnych było związane z wolniejszym tempem jedzenia oraz niższą wybiórczością pokarmową, natomiast większe spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego korelowało dodatnio z cechami sprzyjającymi zwiększonemu spożyciu energii takimi jak głód, reaktywność na jedzenie oraz emocjonalne przejadanie się. Zaobserwowane związki charakteryzowały się jednak niewielką siłą efektu i nie obejmowały wszystkich analizowanych cech apetytu. Zależności pomiędzy cechami apetytu a masą ciała i BMI miały charakter selektywny, co w połączeniu z przekrojowym charakterem badania nie pozwalało na formułowanie wniosków przyczynowo-skutkowych i podkreślało potrzebę dalszych badań interwencyjnych.

W publikacji numer 3 pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* przedstawiono wyniki randomizowanego badania kontrolowanego VEGPREV, trwającego 12 tygodni, obejmującego 90 osób z nadwagą i otyłością, losowo przydzielonych do pięciu grup: diety śródziemnomorskiej (MD), diety na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń Komisji EAT-Lancet (EAT), diety laktoowovegetariańskiej (LOV), diety wegańskiej (VG) oraz diety kontrolnej opartej na zaleceniach WHO (CTRL). Badanie ukończyło 85 uczestników (94,4%).

Po 12 tygodniach interwencji w każdej z grup interwencyjnych odnotowano istotne zmniejszenie podaży energii w porównaniu z grupą kontrolną (MD: $-337,6 \pm 229,2$ kcal/dzień;

EAT: $-394,4 \pm 243,6$ kcal/dzień; LOV: $-315,3 \pm 221,4$ kcal/dzień; VG: $-554,9 \pm 215,3$ kcal/dzień vs. CTRL: $+77,5 \pm 214,8$ kcal/dzień; $p < 0,001$). Największą redukcję podaży energii uzyskano w grupie stosującej dietę wegańską. Udział białka w strukturze energetycznej diety był istotnie niższy we wszystkich grupach interwencyjnych w porównaniu z grupą kontrolną (około 15% vs. 18% energii; $p < 0,001$).

We wszystkich grupach interwencyjnych obserwowano istotny spadek masy ciała do 6. tygodnia badania, który utrzymywał się do 12. tygodnia, podczas gdy w grupie kontrolnej masa ciała pozostawała stabilna. Największą względną redukcję masy ciała w pierwszej fazie interwencji odnotowano w grupie wegańskiej (około -4%), natomiast po 12 tygodniach najniższe wartości masy ciała osiągnęli uczestnicy stosujący diety EAT-Lancet oraz wegańską. w drugiej połowie interwencji w każdej z grup interwencyjnych obserwowano częściowe zwiększenie masy ciała względem 6. tygodnia, jednak wartości końcowe pozostawały istotnie niższe niż wyjściowe.

Równolegle do zmian masy ciała zaobserwowano stopniowy spadek zawartości tkanki tłuszczowej we wszystkich grupach interwencyjnych, z nieco większą redukcją w grupach EAT i MD. Obwód talii uległ istotnemu zmniejszeniu w grupach interwencyjnych, przy czym najbardziej wyraźną dynamikę zmian w czasie obserwowano w grupach EAT i LOV, a największy zakres redukcji w ujęciu bezwzględnym w grupie VG. w grupie kontrolnej zmiany obwodu talii były niewielkie. w zakresie parametrów metabolicznych, obejmujących profil lipidowy osocza, stężenia glukozy i insuliny w osoczu na czczo, wskaźnik HOMA-IR oraz wartości ciśnienia tętniczego krwi, nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupami interwencyjnymi a grupą kontrolną po 12 tygodniach interwencji, pomimo obserwowanych korzystnych trendów, zwłaszcza w grupach VG i EAT. Nie zaobserwowano również istotnych zmian w cechach apetytu ocenianych za pomocą kwestionariusza AEBQ, poziomie aktywności fizycznej ani jakości życia, co sugeruje, że uzyskane efekty antropometryczne były przede wszystkim konsekwencją modyfikacji diety, a nie wtórnych zmian behawioralnych lub stylu życia.

Przeprowadzony cykl badań w ramach rozprawy doktorskiej wykazał, że diety oparte na produktach roślinnych, różniące się stopniem eliminacji produktów pochodzenia zwierzęcego, mogą stanowić skuteczne narzędzie krótkoterminowej redukcji masy ciała oraz poprawy wybranych parametrów składu ciała u osób z nadwagą i otyłością. Najbardziej istotne efekty antropometryczne obserwowano w przypadku diety wegańskiej oraz diety na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń Komisji EAT-Lancet, co wskazuje na ich potencjalną przydatność w praktyce dietetycznej. Jednocześnie wykazano, że krótkoterminowe interwencje dietetyczne nie prowadziły do istotnych zmian w zakresie cech apetytu, parametrów gospodarki

węglowodanowej, profilu lipidowego, aktywności fizycznej ani jakości życia. Stabilność tych wskaźników sugeruje, że obserwowane zmiany masy ciała były przede wszystkim wynikiem modyfikacji podaży energii i struktury diety, a nie wtórnych zmian behawioralnych. Wyniki badania przekrojowego potwierdziły natomiast, że zależności pomiędzy cechami apetytu, wzorcami żywieniowymi i masą ciała mają charakter selektywny i złożony, a ich interpretacja wymaga ostrożności.

Całość uzyskanych wyników wskazuje, że skuteczność diet roślinnych w leczeniu nadwagi i otyłości zależy nie tylko od stopnia eliminacji produktów pochodzenia zwierzęcego, lecz także od kontekstu klinicznego, czasu trwania interwencji oraz indywidualnych uwarunkowań pacjentów. Praca podkreśla potrzebę dalszych, długoterminowych badań interwencyjnych, obejmujących większe populacje, które pozwolą ocenić trwałość efektów metabolicznych oraz rolę cech apetytu w długofalowej skuteczności diet roślinnych.

Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do bardziej świadomego, zindywidualizowanego doboru modeli żywieniowych w praktyce klinicznej oraz do rozwoju zrównoważonych strategii żywieniowych, łączących cele zdrowotne z aspektami środowiskowymi.

Streszczenie w języku angielskim

Title: The Effects of Plant-Based Dietary Patterns on Selected Metabolic Parameters and Appetite-Related Traits in Individuals with Obesity and Obesity-Associated Comorbidities

Obesity and metabolic syndrome represent some of the most serious public health challenges of the 21st century, substantially increasing the risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes, and premature mortality. Despite wide access to nutrition education, the long-term effectiveness of obesity treatment remains limited, highlighting the need to identify new dietary strategies that are sustainable over time. In recent years, plant-based diets have attracted growing scientific and public interest; however, the available evidence remains inconsistent, and many key questions regarding their effectiveness, underlying mechanisms, and impact on eating-related behaviors remain unanswered.

The primary objective of this doctoral dissertation was to evaluate the effects of different plant-based dietary models on selected metabolic parameters, appetitive traits, body weight, and body composition in adults, using both a cross-sectional study and a randomized dietary intervention. The research aimed to analyze dietary patterns and appetitive traits in a cross-sectional setting and to assess the effectiveness of various plant-based diets in reducing body weight and improving selected anthropometric, metabolic, and behavioral outcomes. The obtained results were intended to facilitate an evaluation of the practical relevance of the investigated dietary models in the context of their potential application in obesity and metabolic disorder treatment programs.

The dissertation is based on a cycle of three thematically related publications, including a narrative review, an observational study, and a randomized controlled trial.

Publication No. 1, *Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review*, presents a narrative review of the current literature on the effects of plant-based diets on components of metabolic syndrome. The analysis demonstrated that plant-based diets are most frequently associated with lower body weight and beneficial effects on lipid and carbohydrate metabolism as well as blood pressure. However, the magnitude of these effects varied depending on diet type, intervention duration, and population characteristics. Significant knowledge gaps were identified, particularly the lack of direct comparisons between different plant-based dietary models within a single study protocol, the limited number of randomized controlled trials, and insufficient consideration of behavioral and psychological factors. The review highlighted the need for

further well-designed interventional studies to enable a more precise evaluation of the effectiveness and clinical potential of specific dietary patterns.

Publication No. 2, *Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys*, comprised a cross-sectional study of 553 adults comparing plant-based and animal-based dietary patterns with respect to body weight, BMI, and appetitive traits assessed using the Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ). Individuals reporting a higher proportion of plant-based foods in their diet exhibited lower body weight and BMI compared with those preferring predominantly animal-based dietary patterns. Analysis of appetitive traits revealed significant associations between dietary patterns and selected AEBQ dimensions. Higher plant food intake was associated with slower eating pace and lower food fussiness, whereas greater consumption of animal-based products was positively correlated with energy intake—promoting traits such as hunger, food responsiveness, and emotional overeating. However, the observed associations were characterized by small effect sizes and did not encompass all analyzed appetitive dimensions. The relationships between appetitive traits and body weight or BMI were selective, and together with the cross-sectional design of the study, did not allow causal inferences, underscoring the need for further interventional research.

Publication No. 3, *The VEGPREV Study: Effectiveness of Four Plant-Based Diets on Weight Loss, Metabolic Syndrome Components and Appetitive Traits in Overweight and Obese Individuals: a Randomized Controlled Trial*, reports the results of the 12-week randomized controlled VEGPREV trial involving 90 adults with overweight or obesity, randomly assigned to five groups: Mediterranean diet (MD), EAT-Lancet Planetary Health diet (EAT), lacto-ovo-vegetarian diet (LOV), vegan diet (VG), and a WHO-based control diet (CTRL). a total of 85 participants completed the study (94.4%).

After 12 weeks, all intervention groups demonstrated a significant reduction in energy intake compared with the control group (MD: -337.6 ± 229.2 kcal/day; EAT: -394.4 ± 243.6 kcal/day; LOV: -315.3 ± 221.4 kcal/day; VG: -554.9 ± 215.3 kcal/day vs. CTRL: $+77.5 \pm 214.8$ kcal/day; $p < 0.001$). The greatest reduction in energy intake was observed in the vegan diet group. The proportion of dietary energy derived from protein was significantly lower in all intervention groups compared with the control group (approximately 15% vs. 18% of energy; $p < 0.001$).

All intervention groups experienced a significant reduction in body weight by week 6, which was maintained through week 12, while body weight in the control group remained stable. The largest relative weight loss during the initial phase of the intervention was observed in the vegan group (approximately -4%), whereas after 12 weeks, the lowest body weight

values were achieved in the EAT-Lancet and vegan diet groups. During the second half of the intervention, a partial regain of body weight was observed in all intervention groups relative to week 6; however, final values remained significantly lower than baseline.

A gradual reduction in body fat percentage was observed across all intervention groups, with slightly greater reductions in the EAT and MD groups. Waist circumference decreased significantly in all intervention groups, with the most pronounced temporal dynamics observed in the EAT and LOV groups, and the largest absolute reduction recorded in the VG group. Changes in waist circumference in the control group were minimal. Regarding metabolic parameters—including lipid profile, fasting glucose and insulin concentrations, HOMA-IR, and blood pressure—no statistically significant differences were observed between intervention and control groups after 12 weeks, despite favorable trends, particularly in the VG and EAT groups. No significant changes were observed in appetitive traits assessed using the AEBQ, physical activity level, or quality of life, suggesting that the anthropometric improvements were primarily attributable to dietary modification rather than secondary behavioral or lifestyle changes.

Overall, the conducted research cycle demonstrated that plant-based diets differing in the degree of animal product exclusion may represent an effective short-term strategy for weight reduction and improvement of selected body composition parameters in individuals with overweight and obesity. The most pronounced anthropometric effects were observed with the vegan diet and the EAT-Lancet Planetary Health diet, indicating their potential utility in dietary practice. At the same time, short-term dietary interventions did not lead to significant changes in appetitive traits, carbohydrate metabolism, lipid profile, physical activity, or quality of life. The stability of these parameters suggests that weight loss was mainly driven by reduced energy intake and dietary structure rather than behavioral changes. The cross-sectional study further confirmed that relationships between appetitive traits, dietary patterns, and body weight are selective and complex, requiring cautious interpretation.

Taken together, these findings indicate that the effectiveness of plant-based diets in the treatment of overweight and obesity depends not only on the degree of animal product restriction but also on clinical context, intervention duration, and individual patient characteristics. The dissertation highlights the need for further long-term interventional studies involving larger populations to assess the durability of metabolic effects and the role of appetitive traits in the long-term effectiveness of plant-based dietary strategies.

The results provide a foundation for more informed and individualized dietary model selection in clinical practice and for the development of sustainable nutritional strategies that integrate health benefits with environmental considerations.

1. Wstęp

1.1. Otyłość i zaburzenia metaboliczne jako współczesne wyzwanie zdrowia publicznego

Otyłość stanowi jedno z najpoważniejszych globalnych wyzwań zdrowia publicznego, a jej częstość dynamicznie wzrasta we wszystkich regionach świata. Analiza wyników badania *Global Burden of Disease* [1] obejmującego dane z lat 1990-2021 z 204 krajów wykazała, że w 2021 roku aż 2,11 miliarda dorosłych osób miało nadwagę lub otyłość, co odpowiada ponad jednej trzeciej światowej populacji dorosłych. Zjawisko to dotyczy zarówno krajów wysokorozwiniętych, jak i w coraz większym stopniu państw o niskich i średnich dochodach, gdzie zmiany stylu życia, urbanizacja, spadek aktywności fizycznej oraz wzrost spożycia przetworzonych produktów o wysokiej gęstości energetycznej przyczyniają się do szybkiego wzrostu zachorowalności. Prognozy na rok 2050 wskazują, że ponad połowa dorosłych na świecie będzie dotknięta tym problemem, jeśli nie zostaną wdrożone skuteczne działania profilaktyczne i systemowe. Podobne tendencje obserwuje się w Polsce, gdzie systematycznie rośnie zarówno częstość występowania otyłości, jak i liczba hospitalizacji związanych z jej powikłaniami metabolicznymi [2]. Skala narastającej epidemii otyłości wiąże się z istotnym wzrostem występowania chorób przewlekłych, a tym samym oznacza olbrzymie obciążenie dla systemu ochrony zdrowia oraz znaczące koszty społeczne i ekonomiczne [1, 3, 4].

Otyłość nie jest wyłącznie wynikiem nadmiernej akumulacji tkanki tłuszczowej – stanowi złożone zaburzenie metaboliczne, w którym tkanka tłuszczowa funkcjonuje jako aktywny narząd endokryny. Adipocyty produkują liczne adipokiny i mediatory stanu zapalnego, wpływając na gospodarkę glukozy, metabolizm lipidów, ciśnienie tętnicze krwi oraz procesy zapalne. W związku z tym otyłość jest ściśle powiązana z większym ryzykiem nadciśnienia tętniczego [5] oraz zaburzeń gospodarki węglowodanowej [6] i lipidowej [7, 8]. Problemy te wiążą się z występowaniem zespołu metabolicznego (ZM) [9, 10].

Zespół metaboliczny stanowi złożony zespół współwystępujących zaburzeń, które istotnie zwiększają ryzyko rozwoju chorób układu sercowo-naczyniowego oraz cukrzycy typu 2 [10, 11]. Zgodnie z kryteriami [12, 13] rozpoznanie ZM opiera się na obecności co najmniej trzech z pięciu nieprawidłowości: powiększonego obwodu talii (≥ 94 cm u mężczyzn, ≥ 80 cm u kobiet), podwyższonego stężenia triglicerydów (≥ 150 mg/dL), obniżonego stężenia HDL-C (< 40 mg/dL u mężczyzn, < 50 mg/dL u kobiet), podwyższonej glikemii na czczo (≥ 100 mg/dL) oraz nadciśnienia tętniczego (SBP ≥ 130 mmHg i/lub DBP ≥ 85 mmHg). ZM związany jest

z siedzącym trybem życia, niskim poziomem aktywności fizycznej oraz wzrostem spożycia, wysokoprzetworzonych produktów, co prowadzi do rosnącej częstości występowania otyłości, zaburzeń gospodarki węglowodanowej i lipidowej oraz nadciśnienia tętniczego. Dane epidemiologiczne wskazują, że globalna częstość ZM wynosi 12,5–31,4%, a w ostatnich latach obserwuje się wyraźną tendencję wzrostową. Najczęściej występującym komponentem zespołu jest otyłość brzuszna – stwierdzana u ok. 45% dorosłej populacji, następnie podwyższone wartości ciśnienia tętniczego krwi (42,6%), obniżone HDL-C (40,2% u mężczyzn i 50% u kobiet), zaburzenia glikemii (24,5%) oraz hipertriglicerydemia (28,9%) [14]. Te współwystępujące powikłania zwiększają koszty leczenia oraz prowadzą do obniżenia jakości życia pacjentów [14].

Kluczowe znaczenie w zapobieganiu i leczeniu zaburzeń metabolicznych i otyłości ma modyfikacja stylu życia, w tym wdrożenie odpowiedniej diety. Oprócz redukcji masy ciała niezwykle istotne jest zastosowanie takich wzorców/modeli żywieniowych, które poprawiają profil lipidowy i glikemię oraz przyczyniają się do obniżenia wartości ciśnienia tętniczego krwi [15]. Dotychczas najlepiej udokumentowany korzystny wpływ wykazują dieta śródziemnomorska (*MD – Mediterranean Diet*) oraz dieta DASH (*DASH – Dietary Approches to Stop Hypertension*) [14–19], jednak rosnąca liczba badań obserwacyjnych i eksperymentalnych sugeruje, że również diety roślinne mogą stanowić efektywną interwencję żywieniową w terapii tych zaburzeń [20, 21]. Wysoka zawartość białka roślinnego, błonnika pokarmowego, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, związków o charakterze przeciwutleniającym w dietach roślinnych, a także mniejsza podaż nasyconych kwasów tłuszczowych, mięsa i jego przetworów, może odgrywać istotną rolę w optymalizacji masy ciała i wybranych parametrów metabolicznych. Jednocześnie coraz częściej podkreśla się, że diety roślinne charakteryzują się większą wartością odżywczą i lepszą jakością w porównaniu z dietami tradycyjnymi, co może tłumaczyć ich korzystny wpływ na zdrowie [20–22].

1.2. Charakterystyka diet opartych na produktach roślinnych

Diety oparte na produktach roślinnych (*PBD - plant-based diets*) obejmują szerokie spektrum modeli żywieniowych, których wspólnym elementem jest wysoki udział produktów pochodzenia roślinnego i różny stopień ograniczenia produktów zwierzęcych. w literaturze istnieje znaczne zróżnicowanie definicji PBD, co podkreśla konieczność precyzyjnego stosowania i ujednolicenia terminologii w badaniach klinicznych i populacyjnych [23, 24].

Opracowania naukowe dotyczące klasyfikacji diet roślinnych [23–25] wskazują, że do tej grupy zaliczają się zarówno modele eliminujące wszystkie produkty pochodzenia

zwierzęcego, jak i wzorce żywieniowe dopuszczające umiarkowane ich spożycie. Najbardziej restrykcyjną formą diet opartych na produktach roślinnych jest **dieta wegańska**, definiowana jako model żywieniowy całkowicie wykluczający wszystkie produkty pochodzenia zwierzęcego, w tym m.in. miód, żelatynę oraz podpuszczkę. **Dieta laktoowegetariańska** eliminuje mięso i ryby, natomiast dopuszcza spożycie jaj i produktów mlecznych. Szczególną kategorię stanowi **dieta na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń komisji EAT-Lancet** (*Planetary Health Diet EAT-Lancet*) będąca propozycją zrównoważonego, fleksitariańskiego modelu żywieniowego integrującego cele prozdrowotne i środowiskowe. Zakłada ona wysoki udział produktów roślinnych oraz znaczące ograniczenie spożycia mięsa i innych produktów zwierzęcych [4, 26]. Podsumowanie i porównanie różnych rodzajów diet roślinnych przedstawiono na Rycinie 1.

	DIETA MIESZANA	DIETA FLEKSI-TARIANSKA	DIETA PESCO-WEGETARIA-NSKA	DIETA LAKTOOWO-WEGETARIA-NSKA	DIETA LAKTO-WEGETARIA-NSKA	DIETA OWO-WEGETARIA-NSKA	DIETA WEGAŃSKA
MIEŚO CZERWONE	✓	✓✗ LIMITOWANE w RÓŻNYCH ILOŚCIACH	✗	✗	✗	✗	✗
DRÓB	✓		✗	✗	✗	✗	✗
RYBY, OWOCE MORZA	✓		✓	✗	✗	✗	✗
JAJA	✓		✓	✓	✗	✓	✗
NABIAŁ	✓		✓	✓	✓	✓	✗
OWOCE, WARZYWA, NASIONA ROŚLIN STRĄCZKOWYCH ORZCHY, ZBOŻA	✓						

Rycina 1. Podział diet ze względu na zakres eliminacji produktów pochodzenia zwierzęcego [opr. na podstawie publikacji nr 1].

1.3. Wpływ diet opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne

Diety oparte na produktach roślinnych są coraz częściej analizowane jako potencjalnie skuteczna strategia dietetyczna w prewencji i leczeniu otyłości i zespołu metabolicznego. Badania wskazują [20, 21], że wyższa adherencja do wzorców żywieniowych opartych na produktach roślinnych wiąże się z niższym ryzykiem występowania otyłości brzusznej, hipertriglicerydemii, niskiego stężenia HDL-cholesterolu we krwi, hiperglikemii oraz podwyższonego ciśnienia tętniczego krwi. Jednocześnie podkreśla się, że efekty metaboliczne

PBD zależą od ich jakości, czyli wartości odżywczej, różnorodności i stopnia przetworzenia spożywanych produktów oraz zgodności wzorca żywieniowego z aktualnymi rekomendacjami [27–29].

Dostępne dane wskazują, że diety oparte na produktach roślinnych, szczególnie wysokiej jakości, wywierają korzystny wpływ na kluczowe parametry metaboliczne związane z otyłością i zespołem metabolicznym [11, 21, 29]. Wykazano, że wzorce żywieniowe oparte na produktach roślinnych sprzyjają redukcji masy ciała i wskaźnika BMI, przy czym największą skuteczność obserwowano w interwencjach z udziałem diet wegańskich [30–33].

Równie dobrze udokumentowany jest ich wpływ na gospodarkę węglowodanową. Diety wegańskie i wegetariańskie powodują obniżenie stężenia hemoglobiny glikowanej oraz poprawę wrażliwości insulinowej [34–37], co wiąże się m.in. z redukcją spożycia tłuszczów nasyconych, korzystną zmianą profilu kwasów tłuszczowych, zwiększoną podażą błonnika pokarmowego oraz modulacją mikrobioty jelitowej. Efekty te obserwowano zarówno w populacjach z cukrzycą typu 2, jak i u osób z zespołem metabolicznym lub zaburzoną tolerancją glukozy.

Jednym z najlepiej udokumentowanych efektów diet roślinnych jest poprawa profilu lipidowego [38]. Metaanalizy badań obserwacyjnych i interwencyjnych wykazały, że diety roślinne istotnie obniżają stężenie cholesterolu całkowitego i frakcji LDL, przy stabilnych lub niewielkich zmianach w zakresie triglicerydów [7, 39–42]. Wyniki te dotyczą zarówno osób stosujących diety wegańskie, jak i tych stosujących wzorce żywieniowe ograniczające spożycie mięsa, takie jak np. dieta fleksitariańska.

Korzystny wpływ diet roślinnych obserwuje się również w zakresie wartości ciśnienia tętniczego krwi i stanu zapalnego. w badaniach wykazano umiarkowane, lecz konsekwentne obniżenie ciśnienia skurczowego i rozkurczowego u osób stosujących wzorce roślinne [33, 43]. Jednocześnie modele żywieniowe oparte na produktach roślinnych charakteryzują się działaniem przeciwzapalnym, co znajduje potwierdzenie w niższych stężeniach markerów prozapalnych, takich jak białko C-reaktywne (CRP) czy wybrane cytokiny [20].

Zidentyfikowane do tej pory mechanizmy działania diet roślinnych obejmują przede wszystkim: zmniejszenie gęstości energetycznej diety, wpływ na sytość i regulację łaknienia poprzez wydzielanie hormonów jelitowych, redukcję lipotoksyczności i poprawę funkcji metabolicznych tkanek obwodowych, korzystną modulację mikrobioty jelitowej oraz działanie przeciwzapalne. Mechanizmy te działają równolegle, wzmacniając ogólny efekt metaboliczny [22].

Pomimo dobrze udokumentowanych korzyści wynikających ze stosowania diet roślinnych, w literaturze nadal brakuje badań bezpośrednio porównujących różne modele

dietetyczne pod względem ich skuteczności w modulowaniu komponentów zespołu metabolicznego, w szczególności, u osób które wcześniej nie ograniczały spożycia mięsa.

1.4. Diety roślinne a cechy apetytu

Cechy apetytu (*appetitive traits*) stanowią względnie stabilne wzorce psychobiologiczne kształtujące sposób reagowania na sygnały głodu i sytości oraz na bodźce środowiskowe związane z jedzeniem. Zgodnie z teorią podatności behawioralnej (BST – *Behavioural Susceptibility Theory*), indywidualna kombinacja cech apetytu, obejmująca zarówno wrażliwość na sytość (*satiety responsiveness*), skłonność do przejadania się (*emotional overeating*), jak i reaktywność na żywność (*food responsiveness*) determinuje podatność jednostki na środowisko sprzyjające rozwojowi otyłości [44–46]. w badaniach nad dorosłymi cechy te oceniane są m.in. za pomocą Kwestionariusza Zachowań Żywnościowych Dorosłych (AEBQ – *Adult Eating Behaviour Questionnaire*), który obejmuje osiem podskal charakteryzujących behawioralne i emocjonalne komponenty regulacji apetytu [47, 48]. Podział cech apetytu wg kwestionariusza AEBQ prezentuje Tabela 1.

Tabela 1. Podział cech apetytu wg kwestionariusza Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ) [47, 48]

Cechy sprzyjające zwiększonemu spożyciu energii (<i>Food approach traits</i>)		
Cecha apetytu	Nazwa angielska	Opis cechy
Głód	<i>H - Hunger</i>	Wrażliwość na sygnały fizjologiczne głodu
Reaktywność na żywność	<i>FR - Food Responsiveness</i>	Skłonność do wzrostu apetytu pod wpływem bodźców środowiskowych związanych z jedzeniem.
Przyjemność z jedzenia	<i>EF - Enjoyment of Food</i>	Stopień, w jakim jednostka odczuwa przyjemność z jedzenia i pozytywnie reaguje na bodźce smakowe.
Emocjonalne przejadanie się	<i>EOE - Emotional Over-eating</i>	Zwiększona konsumpcja w reakcji na negatywne emocje.
Cechy ograniczające spożycie energii (<i>Food avoidance traits</i>)		
Cecha apetytu	Nazwa angielska	Opis cechy
Wrażliwość na sytość	<i>SR - Satiety Responsiveness</i>	Zdolność do odczuwania nasycenia i przerywania posiłku w oparciu o sygnały sytości.
Wolne tempo jedzenia	<i>SE - Slowness in Eating</i>	Tendencyjne, wolniejsze tempo spożywania posiłków, sprzyjające lepszemu rozpoznawaniu sytości.

Wybiórczość pokarmowa	<i>FF - Food Fussiness</i>	Ograniczona akceptacja różnorodności smakowej, unikanie nowych produktów.
Emocjonalne niedojadanie	<i>EUE - Emotional Under-eating</i>	Zmniejszanie spożycia pod wpływem silnych emocji.

Cechy apetytu odgrywają istotną rolę w regulacji bilansu energetycznego, ponieważ determinują nie tylko częstotliwość i wielkość spożywanych posiłków, lecz także sposób reagowania na bodźce smakowe, emocjonalne i środowiskowe [46, 47, 49]. w literaturze wyróżnia się cechy sprzyjające zwiększonemu spożyciu energii – takie jak głód, reaktywność na żywność, skłonność do przejadania się pod wpływem emocji czy wysoki poziom przyjemności czerpanej z jedzenia oraz cechy ograniczające nadmierną konsumpcję, obejmujące wrażliwość na sytość, wolne tempo jedzenia, wybiórczość pokarmową i niedojadanie pod wpływem emocji [44, 47]. w populacjach osób dorosłych wykazano, że określone konfiguracje cech apetytu mogą częściowo wyjaśniać zróżnicowanie podatności na środowisko sprzyjające nadkonsumpcji oraz modulować indywidualną wrażliwość na rozwój otyłości. Tym samym cechy apetytu mogą pośredniczyć w obserwowanych różnicach metabolicznych u osób stosujących odmienne wzorce żywieniowe [47, 49, 50]. Wykazano, że cechy apetytu są istotnie powiązane z BMI, preferencjami żywieniowymi, wielkością porcji oraz częstością spożywania żywności wysokokalorycznej. Osoby o wysokiej wrażliwości na sytość i wolnym tempie jedzenia częściej charakteryzują się niższą masą ciała, natomiast wysoka reaktywność na żywność oraz skłonność do przejadania się pod wpływem emocji związane są z większą konsumpcją energii i zwiększonym ryzykiem otyłości w populacji osób dorosłych [47, 48, 51, 52].

W kontekście diet opartych na produktach roślinnych szczególne znaczenie mają specyficzne właściwości tych modeli, które mogą wpływać na cechy apetytu poprzez szereg wzajemnie powiązanych mechanizmów. Przykładowo wysoka zawartość błonnika pokarmowego sprzyja zwiększonemu odczuwaniu sytości, spowalnia opróżnianie żołądka, stabilizuje odpowiedź glikemiczną oraz moduluje sekrecję hormonów jelitowych, takich jak GLP-1 (Glukagonopodobny Peptyd-1) i PYY (Peptyd YY). z kolei, niższa gęstość energetyczna posiłków roślinnych oraz korzystniejsza struktura spożycia makroskładników obejmująca większy udział węglowodanów złożonych i ograniczoną podaż tłuszczów nasyconych mogą sprzyjać lepszemu utrzymaniu sygnałów głodu i sytości. Coraz większe znaczenie przypisuje się również roli mikrobioty jelitowej – zwiększona produkcja krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w odpowiedzi na wysokie spożycie błonnika

pokarmowego może oddziaływać na oś jelitowo-mózgową, modulując mechanizmy regulacji pobierania pokarmu. Dodatkowo, modele żywieniowe oparte na produktach minimalnie przetworzonych cechują się niższą smakowitością, co może obniżać reaktywność na żywność i sprzyjać bardziej homeostatycznej regulacji apetytu [22, 53, 54].

Pomimo rosnącego zainteresowania roślinnymi modelami żywienia, związki między typem diety a cechami apetytu u osób dorosłych pozostają stosunkowo słabo poznane. Szczególnie brakuje badań porównawczych analizujących zróżnicowanie cech apetytu mierzonego kwestionariuszem AEBQ u osób stosujących diety oparte na produktach roślinnych w porównaniu do osób spożywających mięso i produkty pochodzenia zwierzęcego regularnie.

W świetle dostępnych danych analiza cech apetytu w zależności od modelu żywienia stanowi ważny kierunek badań, umożliwiając lepsze zrozumienie mechanizmów behawioralnych leżących u podstaw wpływu diet roślinnych na masę ciała i wybrane parametry metaboliczne. Może ona wspierać identyfikację osób o odmiennie podatności na przejadanie, a także przyczyniać się do opracowania bardziej spersonalizowanych strategii dietetycznych. Wpływ diet roślinnych na cechy apetytu dorosłych pozostaje niedostatecznie poznany, co uzasadnia potrzebę prowadzenia dalszych badań w tym obszarze.

1.5. Uzasadnienie połączenia publikacji w cykl

Zagadnienie wpływu diet opartych na produktach roślinnych na parametry metaboliczne i cechy apetytu u osób z otyłością oraz chorobami jej współtowarzyszącymi stanowi obszar badawczy o dużej złożoności, w którym dotychczasowe dane są rozproszone i często niepełne. z uwagi na wieloczynnikowy charakter zarówno zespołu metabolicznego, jak i mechanizmów regulacji apetytu, konieczne było zaplanowanie i przeprowadzenie kilku komplementarnych badań, pozwalających na analizę problemu na różnych poziomach – teoretycznym, populacyjnym i interwencyjnym. Tylko takie wieloetapowe podejście umożliwia całościowe zrozumienie roli diet roślinnych w modyfikowaniu ryzyka metabolicznego oraz behawioralnych uwarunkowań odżywiania.

Pierwszym krokiem było przygotowanie przeglądu narracyjnego, którego celem było syntetyczne przedstawienie aktualnego stanu wiedzy o dietach roślinnych w kontekście komponentów zespołu metabolicznego, a także wskazanie najistotniejszych problemów dotyczących postępowania dietoterapeutycznego. Analiza dostępnego piśmiennictwa ujawniła znaczne zróżnicowanie definicji diet roślinnych, niedostatek badań uwzględniających jakość tych diet oraz brak interwencji porównujących różne modele żywieniowe w sposób

systematyczny w kontekście redukcji masy ciała, optymalizacji wybranych parametrów składu ciała i komponentów zespołu metabolicznego. Publikacja ta stanowiła punkt wyjścia do dalszych etapów cyklu oraz podstawę do precyzyjnego zdefiniowania kierunku badań.

Kolejnym etapem była przekrojowa analiza porównująca cechy apetytu u osób stosujących diety roślinne oraz diety oparte na spożyciu mięsa i jego przetworów, która pozwoliła na wypełnienie istotnej luki badawczej. Dotychczas brakowało danych oceniających, czy osoby wybierające różne modele żywienia różnią się w zakresie cech apetytu mierzonych kwestionariuszem AEBQ, mimo że cechy te stanowią istotne determinanty zachowań żywieniowych i masy ciała. Analiza ta umożliwiła identyfikację cech apetytu potencjalnie związanych z dietą roślinną, a jednocześnie, co stanowiło jej dodatkową wartość metodologiczną, pełniła funkcję etapu kwalifikacji uczestników do kolejnego badania z randomizacją, stanowiąc wspólny punkt wyjścia dla oceny behawioralnych i żywieniowych uwarunkowań zachowań w późniejszej interwencji. Badanie przekrojowe stworzyło zatem pomost między wiedzą teoretyczną a obserwacjami oraz umożliwiło prawidłowe przygotowanie i ukierunkowanie badania interwencyjnego.

Kluczowym etapem cyklu badawczego było randomizowane badanie kliniczne, w którym oceniono skuteczność czterech odmiennych modeli diet roślinnych w redukcji masy ciała oraz poprawie komponentów zespołu metabolicznego u osób z nadwagą i otyłością, przy równoczesnej analizie zmian cech apetytu. Włączenie oceny zarówno parametrów metabolicznych, jak i behawioralnych umożliwiło zbadanie czy modyfikacje cech apetytu mogą współuczestniczyć w obserwowanych efektach metabolicznych oraz czy różne modele diet roślinnych różnią się potencjałem do modyfikowania mechanizmów regulacji apetytu. Tak zaprojektowane badanie wypełnia lukę wskazaną zarówno w przeglądzie, jak i analizie przekrojowej, oferując najwyższy poziom dowodów i stanowiąc integralne zwieńczenie cyklu.

Połączenie tych trzech publikacji w cykl jest w pełni uzasadnione, gdyż pierwsza praca identyfikuje najważniejsze problemy badawcze i wyznacza obszary wymagające pogłębionych analiz, druga dostarcza danych populacyjnych, niezbędnych do zrozumienia cech apetytu w różnych modelach dietetycznych, trzecia weryfikuje powstałe hipotezy w badaniu eksperymentalnym, obejmującym zarówno parametry metaboliczne, jak i psychobiologiczne mechanizmy regulacji apetytu.

Dzięki analizie przeprowadzonej w ramach tych trzech komplementarnych badań udało się przedstawić kompleksowy, wielowymiarowy obraz wpływu diet opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne i cechy apetytu u osób z nadwagą i otyłością. Cykl ten wnosi istotny wkład w rozwój nauk o zdrowiu, dostarczając danych niezbędnych do optymalizacji interwencji dietetycznych ukierunkowanych na redukcję ryzyka metabolicznego.

2. Projekt badania

2.1. Cele i założenia projektu

Założenia i cel główny

Założeniem niniejszej pracy było dostarczenie danych naukowych umożliwiających lepsze zrozumienie zróżnicowanej odpowiedzi osób z nadwagą i otyłością na interwencje dietetyczne oparte na produktach roślinnych. Przyjęto, że jednocześnie uwzględnienie oceny efektów metabolicznych oraz cech apetytu pozwala na pełniejszą charakterystykę skuteczności poszczególnych modeli żywieniowych niż analizy ograniczone wyłącznie do podaży energii i składu diety.

Celem głównym badania była ocena wpływu różnych modeli żywienia opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne, cechy apetytu oraz masę ciała i skład ciała u osób dorosłych, z wykorzystaniem badania przekrojowego oraz randomizowanej interwencji dietetycznej.

Realizacja celu obejmowała analizę wzorców żywieniowych i cech apetytu w badaniu przekrojowym oraz ocenę skuteczności różnych modeli diet roślinnych w zakresie redukcji masy ciała, poprawy wybranych parametrów antropometrycznych, metabolicznych oraz cech apetytu by uzyskane wyniki umożliwiły ocenę praktycznego znaczenia badanych modeli dietetycznych w kontekście ich potencjalnego zastosowania w programach leczenia otyłości i zaburzeń metabolicznych.

Cele szczegółowe

Cele szczegółowe badania przekrojowego

- Identyfikacja wzorców żywieniowych na podstawie częstości spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego z wykorzystaniem analizy czynnikowej kwestionariusza FFQ i wyodrębnienie profili żywieniowych z zastosowaniem analizy skupień metodą k-średnich.
- Ocena cech apetytu (głodu, reaktywności na żywność, przyjemności z jedzenia, emocjonalnego przejadania się, wrażliwości na sytość, wolnego tempa jedzenia, wybiórczości pokarmowej, emocjonalnego niedojadania) u uczestników badania z wykorzystaniem kwestionariusza Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ).
- Ocena związku pomiędzy wzorcami żywieniowymi (dieta opartą na produktach roślinnych oraz dietą bogatą w produkty pochodzenia zwierzęcego) a cechami apetytu

sprzyjających spożyciu energii (*food approach traits*), jak i cech ograniczających spożycie (*food avoidance traits*).

- Ocena zależności pomiędzy cechami apetytu a wskaźnikiem BMI.
- Analiza roli cech apetytu jako potencjalnych czynników pośredniczących w relacji pomiędzy wzorcami żywieniowym a wskaźnikiem masy ciała.
- Porównanie cech apetytu sprzyjających spożyciu energii (*food approach traits*), jak i cech ograniczających spożycie (*food avoidance traits*) pomiędzy grupami respondentów o różnych wartościach BMI, w celu weryfikacji założeń behawioralnej teorii podatności na otyłość.

Cele szczegółowe badania eksperymentalnego z randomizacją

- Porównanie skuteczności czterech modeli diet opartych na produktach roślinnych:
 - diety wegańskiej (VG),
 - diety laktoowo-wegetariańskiej (LOV),
 - diety na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń komisji EAT-Lancet (*Planetary Health Diet EAT-Lancet*)
 - diety śródziemnomorskiej (MD)

z dietą kontrolną opartą na zaleceniach Światowej Organizacji Zdrowia (*WHO – World Health Organization*) w zakresie zmian w redukcji masy ciała u osób z nadwagą i chorujących na otyłość w trakcie 12-tygodniowej interwencji.

- Ocena wpływu badanych modeli dietetycznych na wskaźniki antropometryczne, w tym masę ciała, obwód pasa, skład ciała.
- Ocena wpływu poszczególnych diet na komponenty zespołu metabolicznego, obejmujące: parametry gospodarki węglowodanowej (stężenie glukozy i insuliny na czczo, wskaźnik HOMA-IR), parametry lipidowe (stężenie cholesterolu całkowitego, stężenie cholesterolu LDL, non-HDL i stężenie triglicerydów we krwi), wartości skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego krwi.
- Ocena zmian cech apetytu mierzonych kwestionariuszem AEBQ w odpowiedzi na interwencję dietetyczną w każdej z badanych grup.
- Ocena zmian podaży energii oraz makroskładników (białka, tłuszczu, węglowodanów) w trakcie 12-tygodniowej interwencji dietetycznej w poszczególnych grupach.
- Ocena czy modyfikacja wzorca żywieniowego wpływa na poziom aktywności fizycznej mierzony za pomocą Międzynarodowego Kwestionariusza Aktywności Fizycznej

(*IPAQ-SF - International Physical Activity Questionnaire – Short Form*) oraz subiektywnie ocenianą jakość życia mierzoną za pomocą kwestionariusza SF-36.

2.2. Badanie obserwacyjne przekrojowe

2.2.1. Materiał i metody

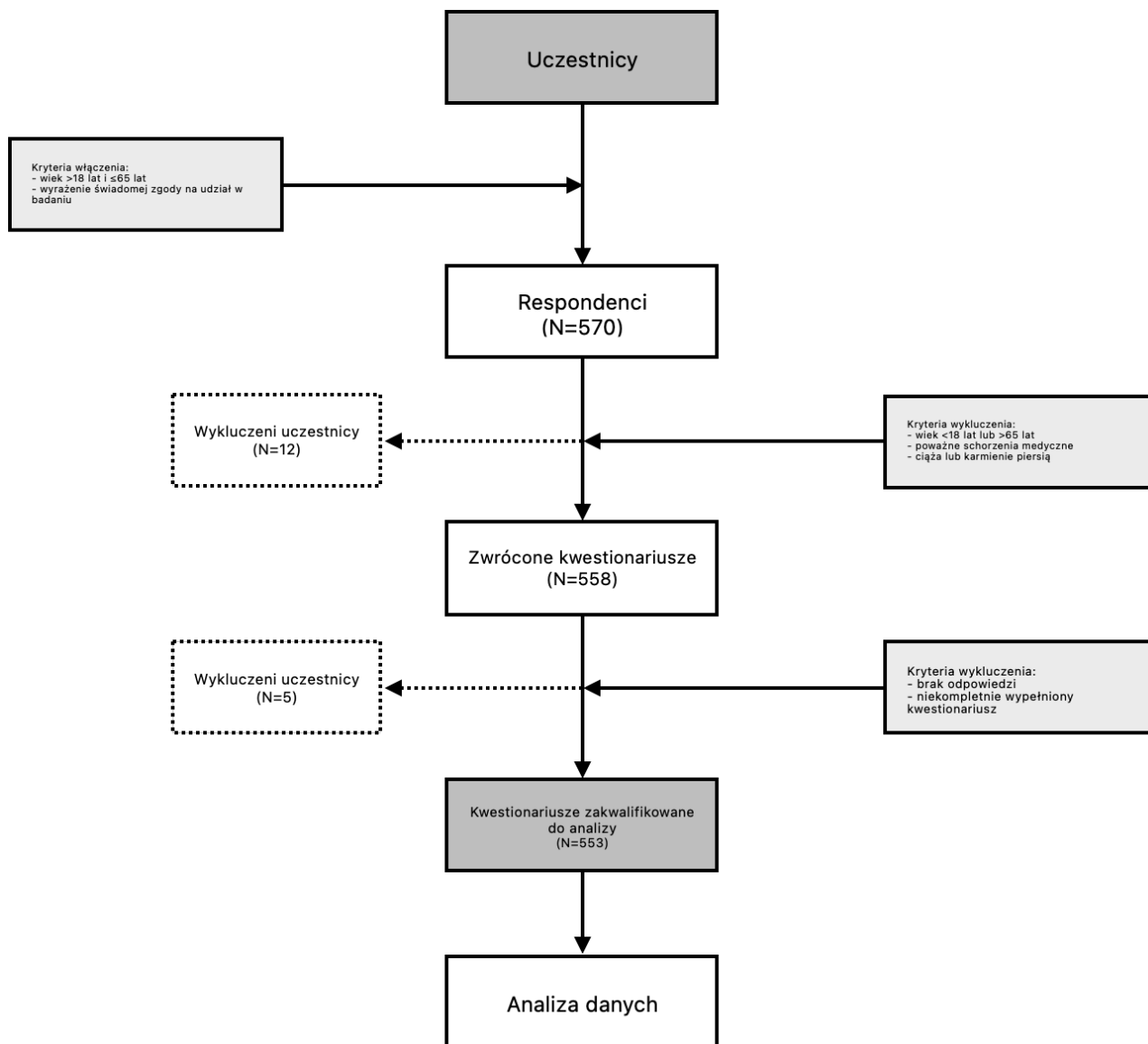
Badanie przekrojowe przeprowadzono zgodnie z wytycznymi STROBE-nut oraz zasadami etyki badań naukowych, po uzyskaniu zgody Komisji Bioetycznej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego (AKBE/220/2024). Wszystkie etapy realizowano zgodnie z Deklaracją Helsińską, z zachowaniem zasad dobrowolności udziału, anonimowości oraz poufności danych. Uczestnicy byli informowani o charakterze badania oraz o możliwości wycofania się na każdym etapie jego realizacji.

Rekrutację prowadzono w okresie od listopada 2023 r. do kwietnia 2024 r. w formie elektronicznej, z wykorzystaniem ogłoszeń publikowanych w mediach społecznościowych oraz na wybranych stronach internetowych o tematyce zdrowotnej. Do badania włączano osoby w wieku 18-65 lat, które wyraziły świadomą zgodę na udział. Kryteria wykluczenia obejmowały m.in. występowanie poważnych schorzeń przewlekłych, przebyte w ostatnim czasie incydenty sercowo-naczyniowe lub neurologiczne, choroby nowotworowe w ciągu ostatnich pięciu lat, zaburzenia psychiczne uniemożliwiające udział w badaniu, stosowanie żywienia do- lub pozajelitowego, ciążę lub karmienie piersią oraz brak zgody na udział w badaniu. Informacje dotyczące stanu zdrowia miały charakter deklaracyjny i były zbierane za pomocą pytań zawartych w kwestionariuszu.

Początkowo do badania zakwalifikowano 570 respondentów spełniających kryteria włączenia. Po wykluczeniu osób niespełniających kryteriów oraz niekompletnie wypełnionych ankiet, do ostatecznej analizy włączono dane 553 uczestników. Szczegółowy schemat przedstawia Rycina 2.

Dane zbierano z wykorzystaniem wystandaryzowanych i zwalidowanych narzędzi przeznaczonych dla populacji polskiej obejmujących: Kwestionariusz Częstotliwości Spożycia Żywności (*Food Frequency Questionnaire, FFQ*) [55], *Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ)* [47, 56] oraz Kwestionariusz do Oceny Zwyczajów Żywnościowych, Stylu Życia i Wiedzy Żywnościowej (*KomPAN*) [55]. Kwestionariusz KomPAN umożliwiał zebranie danych socjodemograficznych, w tym informacji dotyczących poziomu wykształcenia, statusu zawodowego oraz dochodów.

Dodatkowo zbierano deklarowane dane dotyczące masy ciała i wzrostu w celu obliczenia wskaźnika masy ciała (BMI). Do analizy statystycznej włączano wyłącznie w pełni uzupełnione kwestionariusze.



Rycina 2. Schemat badania i zbierania danych (N – liczba uczestników) [opr. na podstawie publikacji nr 2].

2.2.2. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), wersja 14.0. w pierwszym etapie obliczono statystyki opisowe dla wszystkich analizowanych zmiennych, obejmujące zakres zmienności (minimum–maksimum), miary tendencji centralnej (średnia), miary rozproszenia (odchylenie standardowe) oraz miary kształtu rozkładu (skośność i kurtoza). Normalność rozkładów oceniano za pomocą testu

Kołmogorowa-Smirnowa. Ze względu na istotne odchylenia większości zmiennych od rozkładu normalnego, w dalszych analizach zastosowano metody nieparametryczne.

Rzetelność narzędzi badawczych oceniano przy użyciu współczynnika alfa Cronbacha. Do określenia empirycznej struktury kwestionariusza częstotliwości spożycia żywności (FFQ) zastosowano eksploracyjną analizę czynnikową metodą głównych składowych (PCA), z oceną adekwatności doboru próby przy użyciu wskaźnika Kaisera-Meyera-Olkina (KMO) oraz testu sferyczności Bartletta. Liczbę czynników określano na podstawie kryterium Catella, a w celu uzyskania czytelnej struktury czynnikowej zastosowano ortogonalną rotację varimax. Na podstawie uzyskanych wyników wyodrębniono skale opisujące spożycie produktów roślinnych i zwierzęcych. w celu identyfikacji wzorców żywieniowych respondentów przeprowadzono analizę skupień metodą k-średnich, umożliwiającą wyodrębnienie grup o zbliżonym poziomie spożycia produktów roślinnych i zwierzęcych. Różnice pomiędzy wyodrębnionymi grupami oraz pomiędzy kategoriami BMI analizowano z wykorzystaniem testu rang Kruskala-Wallisa. w przypadku uzyskania istotnych efektów głównych przeprowadzano analizy post hoc z korekcją Bonferroniego-Dunna. Zależności pomiędzy zmiennymi ilościowymi oceniano za pomocą współczynnika korelacji rang Spearmana.

Dla testów istotności statystycznej przyjęto poziom istotności $p \leq 0,05$. w analizach uwzględniano również miary wielkości efektu, tam, gdzie było to możliwe, w celu lepszej interpretacji znaczenia statystycznego uzyskanych wyników.

2.2.3. Wyniki

Do ostatecznej analizy włączono dane 553 osób dorosłych w wieku 19-65 lat. Badane kobiety były nieznacznie starsze od badanych mężczyzn, miały też przeciętnie niższy wzrost, masę ciała i BMI. Szczegóły zestawia Tabela 2.

Tabela 2. Statystyki opisowe wskaźników demograficznych ilościowych (N = 553)

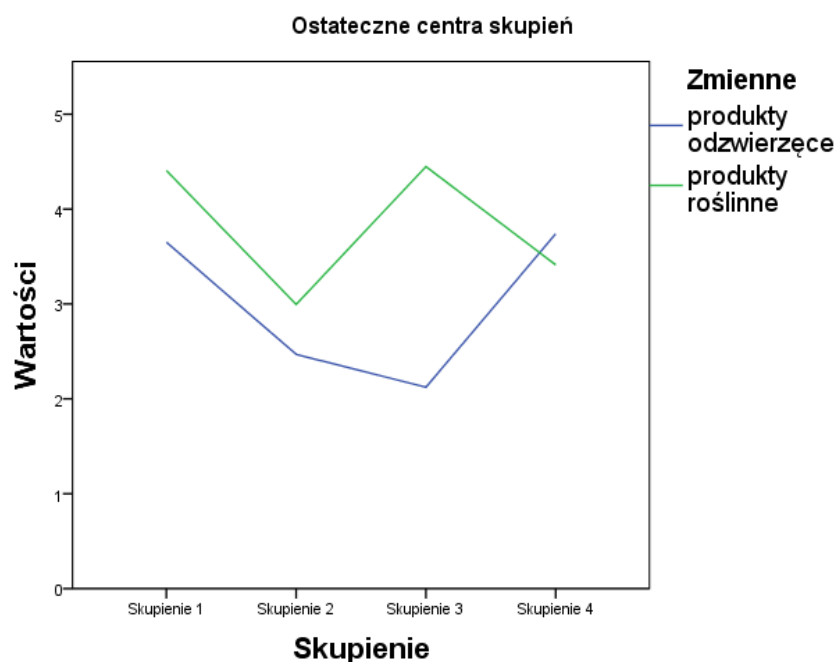
	R	M	SD	Mdn	Sk	Kurt	D
ogółem							
wiek	19,00-66,00	35,90	9,28	35,00	0,37	-0,35	0,07**
masa ciała	45,00-136,00	75,53	17,32	73,00	0,80	0,50	0,08**
wzrost	152,00-205,00	169,55	8,26	169,00	0,58	0,48	0,10**
BMI	16,14-51,06	26,18	5,31	25,28	0,92	0,94	0,08**
kobieta							
wiek	19,00-61,00	36,07	9,36	35,00	0,34	-0,44	0,07**
masa ciała	45,00-134,00	72,38	15,81	70,00	0,92	0,90	0,09**
wzrost	152,00-188,00	167,24	6,56	167,00	0,28	0,18	0,08**
BMI	16,14-51,06	25,85	5,41	24,77	1,04	1,22	0,10**
mężczyzna							
wiek	19,00-66,00	35,33	9,01	34,00	0,50	0,06	0,08
masa ciała	50,00-136,00	85,86	18,09	85,00	0,45	0,12	0,06

wzrost	155,00-205,00	177,12	8,73	178,00	-0,02	0,28	0,08*
BMI	16,90-41,03	27,25	4,85	26,54	0,62	0,33	0,07

R – zakres (minimum–maksimum); *M* – średnia; *SD* – odchylenie standardowe; *Mdn* – mediana; *Sk* – skośność rozkładu; *Kurt* – kurtoza; *D* – statystyka testu Kołmogorowa–Smirnowa; *p* – wartość *p*; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Profile żywieniowe uczestników badania

Analiza czynnikowa danych z kwestionariusza FFQ umożliwiła wyodrębnienie dwóch niezależnych skal opisujących spożycie produktów roślinnych oraz produktów pochodzenia zwierzęcego. Obie skale charakteryzowały się zadowalającą rzetelnością i nie wykazywały wzajemnej korelacji, co umożliwiło dalszą analizę wzorców żywieniowych w ujęciu porównawczym. Na podstawie wyników FFQ przeprowadzono analizę skupień metodą k-średnich, w wyniku której wyodrębniono cztery profile żywieniowe różniące się poziomem spożycia produktów roślinnych i zwierzęcych co obrazuje Rycina 3. Rozkład uczestników pomiędzy poszczególnymi profilami był istotnie zróżnicowany.



Rycina 3. Ostateczne centra skupień rozwiązania czteroskupieniowego analizy k-średnich dla zmiennych uzyskanych z kwestionariusza FFQ

Cztery grupy zostały określone jako: (A) wysokie spożycie produktów zwierzęcych i roślinnych, (B) niskie spożycie produktów zwierzęcych i roślinnych, (C) dieta oparta na produktach roślinnych oraz (D) dieta oparta na produktach pochodzenia zwierzęcego. Rozkład uczestników pomiędzy podgrupy nie był równomierny. Podsumowanie profili respondentów przedstawiono w Tabeli 3.

Tabela 3. Charakterystyka profili żywieniowych respondentów

Grupa	Profil respondentów	N	%	χ^2
A	grupa o wysokim spożyciu produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego	203	36,7%	50,28**
B	grupa o niskim spożyciu produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego	87	15,7%	
C	dieta oparta na produktach roślinnych	127	23,0%	
D	dieta oparta na produktach pochodzenia zwierzęcego	136	24,6%	

Wynik analizy proporcji liczebności przedstawiono jako wartość testu chi-kwadrat (χ^2); ** $p < 0,01$.

Cechy apetytu a BMI

Analiza cech apetytu w odniesieniu do kategorii BMI wykazała zróżnicowanie wybranych zachowań żywieniowych pomiędzy badanymi grupami. Zaobserwowano, że osoby z prawidłową masą ciała charakteryzowały się mniejszą skłonnością do odczuwania głodu oraz niższą reaktywnością na bodźce pokarmowe w porównaniu z osobami z otyłością. Jednocześnie wraz ze wzrostem BMI obserwowano wyraźniejszą zależność z cechami emocjonalnego przejadania się, natomiast cechy związane z emocjonalnym niedojadaniem wykazywały tendencję odwrotną. Nie stwierdzono jednak istotnych zależności pomiędzy BMI a przyjemnością z jedzenia, reaktywnością na sytość ani wybrednością pokarmową.

Profile żywieniowe a masa ciała i BMI

Stwierdzono istotne różnice w zakresie masy ciała oraz wartości BMI pomiędzy wyodrębnionymi profilami żywieniowymi. Osoby stosujące dietę roślinną charakteryzowały się niższą masą ciała oraz niższymi wartościami BMI w porównaniu z osobami stosującymi dietę opartą na produktach pochodzenia zwierzęcego oraz z pozostałymi profilami żywieniowymi. Jednocześnie nie zaobserwowano istotnych różnic w masie ciała ani BMI pomiędzy pozostałymi profilami żywieniowymi, co wskazuje, że korzystniejsze parametry antropometryczne były charakterystyczne przede wszystkim dla osób deklarujących wzorzec żywienia oparty na produktach roślinnych.

Profile żywieniowe a cechy apetytu

Wykazano, że wyższe spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego było związane z większą skłonnością do cech sprzyjających jedzeniu takich jak: silniejsze odczuwanie głodu i większa reaktywność na bodźce pokarmowe. z kolei większe spożycie produktów roślinnych wiązało się z wolniejszym tempem jedzenia oraz mniejszą wybrednością pokarmową. w odniesieniu do pozostałych cech apetytu nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy analizowanymi wzorcami żywieniowymi.

Wyniki badania wskazują na istnienie zależności pomiędzy wzorcami żywieniowymi, wybranymi cechami apetytu oraz wskaźnikiem masy ciała. Szczególne znaczenie wykazano dla cech takich jak emocjonalne przejadanie się, emocjonalne niedojadanie, tempo jedzenia oraz wybredność pokarmowa, które mogą stanowić istotne ogniwa pośredniczące w relacji pomiędzy dietą a BMI.

2.2.4. Ograniczenia badania

Niniejsze badanie było pierwszym, w którym oceniono cechy apetytu, mierzone za pomocą kwestionariusza AEBQ, w odniesieniu do spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego wśród osób dorosłych, z jednoczesnym uwzględnieniem wskaźnika masy ciała. Jednocześnie badanie to posiada pewne ograniczenia, które należy uwzględnić przy interpretacji uzyskanych wyników.

Jednym z nich była nierównomierna liczebność podgrup, co mogło ograniczać możliwość wykrycia istotnych różnic w zakresie cech apetytu. w przyszłych badaniach zasadne byłoby zastosowanie większych i bardziej zrównoważonych liczebnie prób, co pozwoliłoby na zwiększenie mocy statystycznej oraz wiarygodności porównań pomiędzy kategoriami BMI. Kolejnym ograniczeniem był brak losowego doboru próby. Pomimo starań mających na celu zapewnienie jej różnorodności poprzez rekrutację z wykorzystaniem różnych kanałów internetowych, dobrowolny charakter udziału w badaniu oraz zastosowanie narzędzi samoopisowych mogły sprzyjać wystąpieniu błędu samoopisu oraz autoselekcji, co mogło prowadzić do osłabienia obserwowanych zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi. Dodatkowo przekrojowy charakter badania uniemożliwia formułowanie wniosków przyczynowo-skutkowych, co wskazuje na potrzebę prowadzenia dalszych badań podłużnych lub interwencyjnych.

2.3. Badanie eksperymentalne z randomizacją

2.3.1. Materiał i metody

Projekt badania i uczestnicy

Przeprowadzono 12-tygodniowe randomizowane badanie kontrolowane (RCT), w którym uczestników losowo przydzielono w stosunku 1:1:1:1:1 do jednej z pięciu grup dietetycznych:

- diety śródziemnomorskiej (MD),
- dieta na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń komisji EAT-Lancet (EAT),
- diety laktoowovegetariańskiej (LOV),
- diety wegańskiej (VG)
- diety kontrolnej (CTRL) opartej na zaleceniach WHO.

Randomizacja była przeprowadzona z użyciem komputerowo generowanej listy i nadzorowana przez niezależnego członka zespołu badawczego.

Pierwszorzędownym punktem końcowym była przyrostowa zmiana masy ciała (1%) pomiędzy grupami. Drugorzędowe punkty końcowe obejmowały zmiany parametrów antropometrycznych, składu ciała, wybranych wskaźników metabolicznych, cech apetytu, poziomu aktywności fizycznej oraz jakości życia.

Badanie przeprowadzono w Zakładzie Medycyny Społecznej i Zdrowia Publicznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Projekt uzyskał zgodę Lokalnej Komisji Bioetycznej (KB/37/2023), był realizowany zgodnie z Deklaracją Helsińską oraz zarejestrowany w bazie ClinicalTrials.gov (NCT06886490).

Do badania włączono 90 osób dorosłych (18-64 lata) z nadwagą lub otyłością, którzy w okresie 6 miesięcy poprzedzających rekrutację posiadali stabilną masę ciała oraz nie podejmowali żadnych prób zmiany nawyków żywieniowych, w tym redukcji spożywanego mięsa i produktów pochodzenia zwierzęcego. Wszyscy uczestnicy podpisali pisemną świadomą zgodę na udział w badaniu. Rekrutację prowadzono drogą elektroniczną w okresie od listopada 2023 r. do kwietnia 2024 r.

W trakcie badania uczestnikom zalecono niestosowanie dodatkowych suplementów diety. Wyjątek stanowiła witamina B12, podawana wszystkim osobom w jednakowych dawkach. Uczestnicy mogli zostać wykluczeni w przypadku nieprzestrzegania zaleceń dietetycznych, niestawiania się na wizytach kontrolnych lub wystąpienia okoliczności zakłócających realizację protokołu badania. Badane zmienne i parametry, metody ich oceny

oraz harmonogram pomiarów w randomizowanym badaniu kontrolowanym VEGPREV prezentuje Tabela 4.

Tabela 4. Badane zmienne/ parametry, metody ich oceny oraz harmonogram pomiarów w randomizowanym badaniu kontrolowanym VEGPREV

Obszar oceny	Zmienna / parametr	Metoda / narzędzie	Moment pomiaru
Pomiary antropometryczne	Masa ciała	Skalibrowana waga elektroniczna ze wzrostomierzem (C315.60/150.OW-1, RADWAG)	Tydzień 1, 6, 12
	Wzrost	Wzrostomierz zintegrowany z wagą	Tydzień 1
	Wskaźnik masy ciała (BMI)	Obliczenia: kg/m^2	Tydzień 1, 6, 12
	Obwód talii	Elastyczna taśma, w połowie odległości pomiędzy grzebieniem biodrowym a dolnym łukiem żebrowym	Tydzień 1, 6, 12
	Skład ciała	Bioimpedancja elektryczna (BIA), Maltron BioScan 920	Tydzień 1, 6, 12
Pomiary biochemiczne	Glukoza na czczo	Analiza laboratoryjna (Cobas pro, Roche)	Tydzień 1, 6, 12
	Insulina na czczo	Analiza laboratoryjna (Cobas pro, Roche)	Tydzień 1, 6, 12
	HOMA-IR	Obliczenia: $\text{insulina} \times \text{glukoza} / 405$	Tydzień 1, 6, 12
	Profil lipidowy (TC, HDL-C, LDL-C, TG, non-HDL)	Analiza laboratoryjna; LDL-C wg Friedewalda lub metoda bezpośrednia	Tydzień 1, 6, 12
Cięśnienie tętnicze krwi	Skurczowe i rozkurczowe ciśnienie tętnicze krwi	Automatyczny ciśnieniomierz oscylometryczny; średnia z 3 pomiarów	Tydzień 1, 6, 12
Ocena sposobu żywienia	Spożycie energii i składników odżywczych	24-godzinny dzienniczek żywieniowy; analiza w programie Dieta 6.D	Tydzień 1, 12
	Przestrzeganie zaleceń dietetycznych	Wywiady 24-godzinne, konsultacje dietetyczne i psychodietetyczne, dokumentacja fotograficzna	Cały okres badania
Cechy apetytu	głód (H), reaktywność na jedzenie (FR), emocjonalne przejadanie się (EOE), przyjemność z jedzenia (EF), reaktywność na sytość (SR), emocjonalne niedojadanie (EUE), wybredność pokarmową (FF) oraz wolne tempo jedzenia (SE)	Adult Eating Behavior Questionnaire (AEBQ)	Tydzień 1, 12
Jakość życia	Ogólny wskaźnik jakości życia	Kwestionariusz SF-36	Tydzień 1, 12
Aktywność fizyczna	Poziom i intensywność aktywności (MET-min/tydz.)	IPAQ-SF (wersja skrócona)	Tydzień 1, 12

2.3.2. Przebieg badania

Uczestnicy 12-tygodniowego badania zostali losowo przydzieleni do grupy kontrolnej lub jednej z czterech grup interwencyjnych i objęci standaryzowaną interwencją dietetyczną zgodną z przypisanym modelem żywieniowym. Interwencja polegała na modyfikacji udziału

produktów pochodzenia zwierzęcego w diecie, w tym ich ograniczeniu lub całkowitej eliminacji, zależnie od zastosowanego wzorca żywieniowego.

Każdy uczestnik otrzymał indywidualne jadłospisy oraz materiały edukacyjne. Konsultacje z dietetykiem odbywały się raz w tygodniu w formie stacjonarnej (tydzień 1, 6 i 12) lub zdalnej, z jednakową częstotliwością we wszystkich grupach. Wsparcie przestrzegania zaleceń obejmowało również cotygodniowe konsultacje z psychodietetykiem. Uczestnikom zalecono utrzymanie dotychczasowego stylu życia poza interwencją dietetyczną.

We wszystkich grupach zastosowano jednolite założenia zakładające deficyt energetyczny na poziomie 15% całkowitego wydatku energetycznego, przy zachowaniu zgodności podaży makro- i mikroskładników z normami żywienia. Głównym czynnikiem różnicującym diety był udział produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

W celu ograniczenia ryzyka niedoboru wszyscy uczestnicy otrzymywali suplementację witaminą B12 w dawce 100 µg dziennie.

2.3.3. Analiza statystyczna

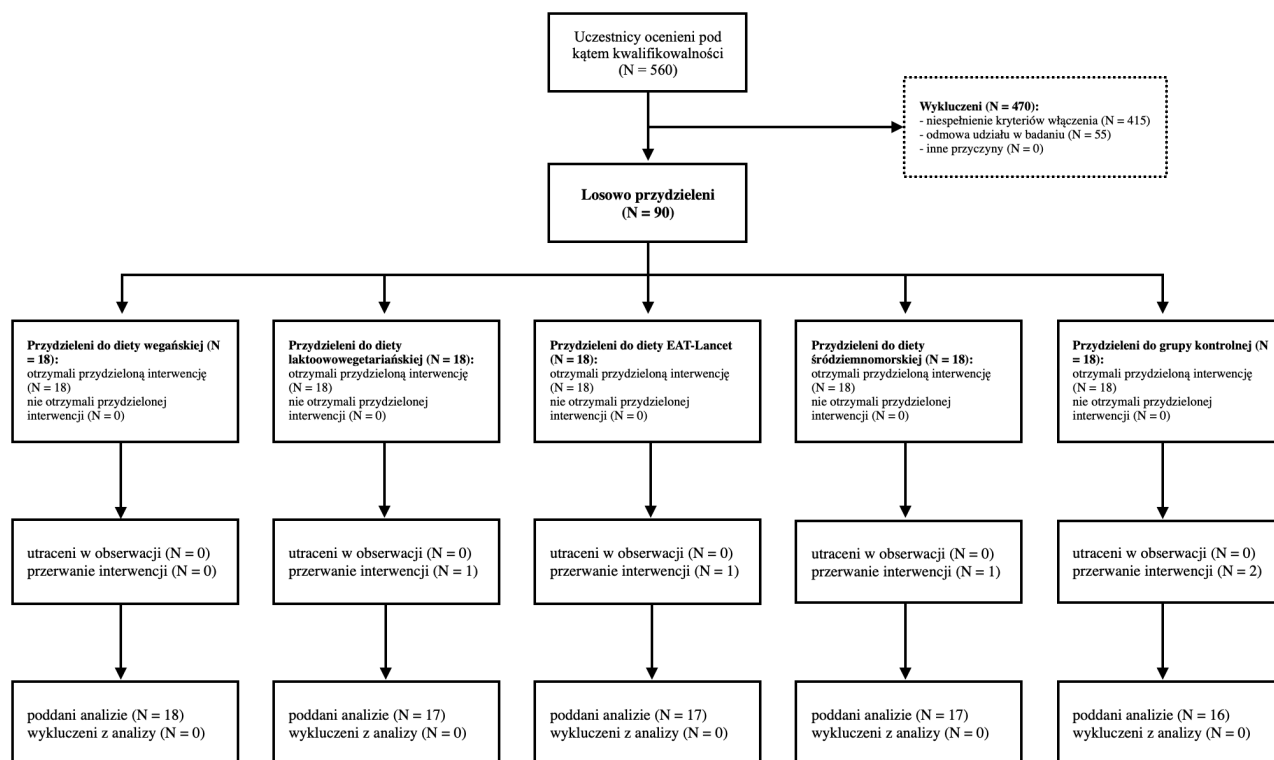
Badanie zaprojektowano w celu wykrycia różnic w redukcji masy ciała pomiędzy pięcioma grupami dietetycznymi w trakcie 12-tygodniowej interwencji, przy założeniu liniowego trendu zmniejszania masy ciała wraz ze stopniowym ograniczaniem produktów pochodzenia zwierzęcego (CTRL → MD → EAT → LOV → VG). Na podstawie wcześniejszych badań przyjęto konserwatywne założenie statystyczne średniej różnicy 1% redukcji masy ciała pomiędzy kolejnymi grupami. Przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, odchyleniu standardowym 2,5% oraz mocy 80% minimalna liczebność próby wynosiła 60 osób. Uwzględniając możliwy odsetek rezygnacji, do badania włączono 90 uczestników.

Analizy statystyczne przeprowadzono z wykorzystaniem programów IBM SPSS Statistics 29.0 oraz Statistica 13.3. w celu oceny wpływu rodzaju diety i czasu na analizowane parametry zastosowano analizę wariancji z powtarzanymi pomiarami w schemacie mieszanym (5 grup $\times$ 3 pomiary). Oceniano zmiany masy ciała, obwodu talii, składu ciała, parametrów lipidowych, gospodarki węglowodanowej, ciśnienia tętniczego krwi, cech apetytu, poziomu aktywności fizycznej oraz jakości życia.

Założenie sferyczności weryfikowano testem Mauchly'ego. w przypadku jego naruszenia stosowano odpowiednie korekty stopni swobody (Huynh–Feldta lub Greenhouse'a–Geissera, zależnie od analizowanej zmiennej). Różnice pomiędzy grupami oceniano z wykorzystaniem testów post hoc Scheffego.

2.3.4. Wyniki

Do badania zakwalifikowano 90 dorosłych uczestników, z których 85 (94,4%) ukończyło 12-tygodniową interwencję żywieniową. Udział uczestników w badaniu przedstawia Rycina 4.



Rycina 4. Diagram przepływu uczestników CONSORT [opr. na podstawie publikacji nr 3].

Spośród 560 osób ocenionych pod kątem kwalifikacji 470 wykluczono z powodu niespełnienia kryteriów włączenia, natomiast 55 osób odmówiło udziału w badaniu. Do randomizacji zakwalifikowano 90 uczestników, których przydzielono do jednej z pięciu grup: (1) dieta śródziemnomorska (MD), (2) dieta na rzecz zdrowia ludzi i planety według zaleceń komisji EAT-Lancet (EAT), (3) dieta laktoowogetariańska (LOV), (4) dieta wegańska (VG) oraz (5) grupa kontrolna (CTRL).

Spośród pięciu osób, które przerwały udział w badaniu, dwie zrezygnowały z powodu ograniczeń czasowych związanych z harmonogramem, dwie utraciono w obserwacji (lost to follow-up), a jedna osoba wycofała się w związku ze zmianą miejsca zamieszkania. w trakcie badania nie odnotowano żadnych poważnych zdarzeń niepożądanych.

Podaż energii i makroskładników

Po 12 tygodniach interwencji we wszystkich grupach interwencyjnych odnotowano istotne zmniejszenie podaży energii w porównaniu z grupą kontrolną. Średnia redukcja podaży energii wynosiła odpowiednio: $-337,6 \pm 229,2$ kcal/dzień w grupie MD, $-394,4 \pm 243,6$ kcal/dzień w grupie EAT, $-315,3 \pm 221,4$ kcal/dzień w grupie LOV oraz $-554,9 \pm 215,3$ kcal/dzień w grupie VG. w grupie kontrolnej (CTRL) zaobserwowano natomiast niewielki

wzrost podaży energii ($+77,5 \pm 214,8$ kcal/dzień; $p < 0,001$). Największą redukcję kaloryczności diety uzyskano w grupie stosującej dietę wegańską.

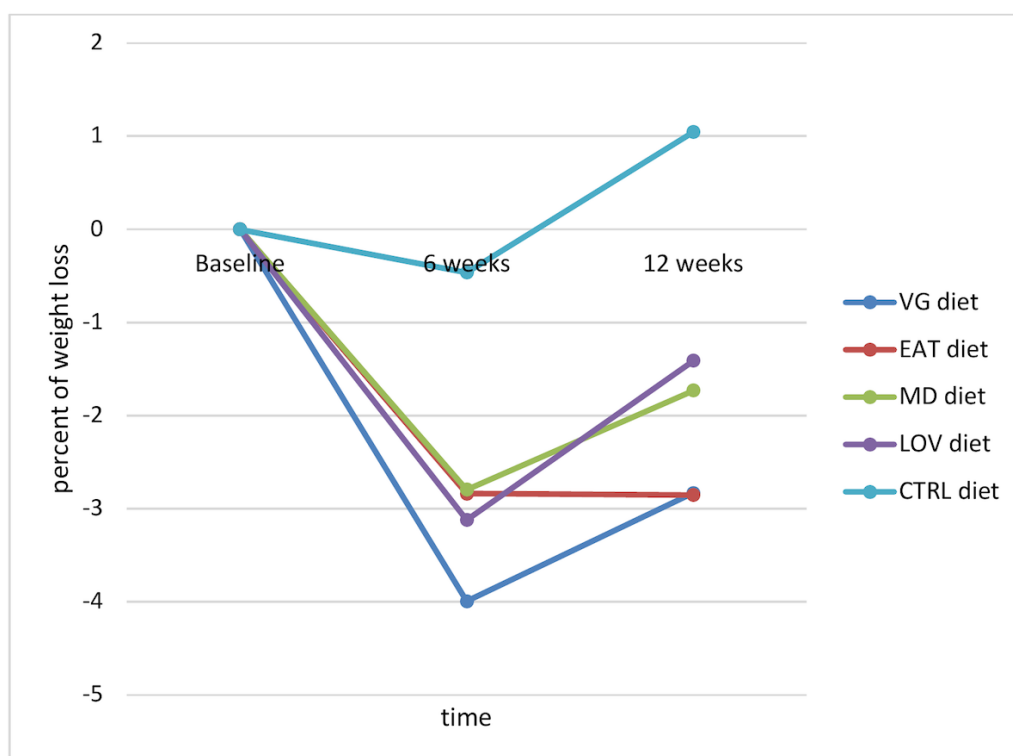
Jednocześnie w grupach interwencyjnych stwierdzono niższy udział białka w strukturze energetycznej diety w porównaniu z grupą kontrolną (MD: $15,5 \pm 1,2\%$, EAT: $15,1 \pm 1,9\%$, LOV: $15,0 \pm 0,6\%$, VG: $15,0 \pm 0,6\%$ vs CTRL: $18,0 \pm 1,2\%$; $p < 0,001$).

Zmiany w podaży tłuszczu i węglowodanów były zależne od modelu żywienia. Dieta śródziemnomorska charakteryzowała się istotnie niższym udziałem energii pochodzącej z tłuszczu ($31,5 \pm 3,8\%$) w porównaniu z dietą kontrolną ($34,5 \pm 0,6\%$) oraz z dietami LOV ($34,2 \pm 0,1\%$) i VG ($34,6 \pm 1,6\%$). z kolei dieta EAT-Lancet wiązała się z wyższym udziałem energii z węglowodanów ($48,4 \pm 2,4\%$) w porównaniu z grupą CTRL ($43,8 \pm 2,2\%$; $p < 0,01$). Pozostałe diety roślinne nie różniły się istotnie od diety kontrolnej pod względem udziału węglowodanów.

Zmiany masy ciała i składu ciała

Analiza zmian masy ciała wykazała istotny efekt interakcji pomiędzy rodzajem diety a czasem trwania interwencji. We wszystkich grupach interwencyjnych obserwowano istotny spadek masy ciała do 6. tygodnia badania, który utrzymywał się do 12. tygodnia, podczas gdy w grupie kontrolnej masa ciała pozostawała stabilna (zmiany w granicach $\pm 1\%$).

Największą względną redukcję masy ciała w pierwszej fazie interwencji (do 6. tygodnia) odnotowano w grupie VG (ok. -4%), następnie w grupach LOV (ok. $-3,1\%$), EAT (ok. $-2,8\%$) oraz MD (ok. $-2,8\%$). Po 12 tygodniach najniższe wartości masy ciała utrzymywały się w grupach EAT ($-2,9\%$) oraz VG ($-2,6\%$ względem wartości wyjściowych). w drugiej połowie interwencji we wszystkich grupach interwencyjnych obserwowano częściowy wzrost masy ciała w porównaniu z 6. tygodniem, jednak wartości końcowe pozostawały istotnie niższe niż na początku badania (Rycina 5).



Rycina 5. Dynamika zmian masy ciała wyrażona jako procentowa utrata masy ciała w trakcie 12-tygodniowej interwencji dietetycznej w zależności od rodzaju diety.

Wykres przedstawia zmiany względne masy ciała w punktach czasowych: wyjściowym (baseline), po 6 tygodniach oraz po 12 tygodniach w pięciu grupach: dieta wegańska (VG), dieta EAT-Lancet Planetary Health (EAT), dieta śródziemnomorska (MD), dieta laktoowo-wegetariańska (LOV) oraz dieta kontrolna (CTRL).

We wszystkich grupach interwencyjnych odnotowano również stopniowy spadek zawartości tkanki tłuszczowej, najbardziej wyraźny w grupach EAT (−1,97%) oraz MD (−2,0%). w grupie kontrolnej parametry składu ciała pozostawały zasadniczo niezmienione.

Komponenty zespołu metabolicznego

Równolegle do redukcji masy ciała w grupach interwencyjnych obserwowano istotne zmniejszenie obwodu talii. Największe zmiany dotyczyły grupy EAT (z $100,1 \pm 10,4$ cm do $94,3 \pm 10,1$ cm) oraz grupy LOV (z $102,3 \pm 9,3$ cm do $99,8 \pm 9,0$ cm; $p < 0,001$). Redukcja obwodu talii w całym okresie badania wynosiła od $-7,3 \pm 4,7$ cm w grupie VG do $+0,5 \pm 3,7$ cm w grupie CTRL.

W zakresie profilu lipidowego osocza krwi zaobserwowano korzystne, lecz nieistotne statystycznie trendy, szczególnie w grupach VG i EAT, obejmujące obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego, LDL oraz non-HDL. w grupie kontrolnej odnotowano natomiast tendencję przeciwną, z wyraźnym wzrostem wybranych parametrów lipidowych w końcowej fazie badania. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami w zakresie stężenia triglicerydów.

Parametry gospodarki węglowodanowej, w tym stężenia glukozy i insuliny na czczo oraz wskaźnik HOMA-IR, a także wartości ciśnienia tętniczego skurczowego i rozkurczowego, nie uległy istotnym zmianom w odpowiedzi na zastosowane interwencje dietetyczne.

Cechy apetytu, aktywność fizyczna i jakość życia

Analiza cech apetytu ocenianych za pomocą kwestionariusza AEBQ nie wykazała istotnych zmian ani efektów interakcji pomiędzy czasem a rodzajem diety. Zarówno cechy typu *food approach*, jak i *food avoidance* pozostawały stabilne we wszystkich grupach przez cały okres badania. Podobnie nie stwierdzono istotnych zmian w poziomie aktywności fizycznej ani w subiektywnej ocenie jakości życia, co wskazuje, iż obserwowane zmiany antropometryczne były przede wszystkim konsekwencją modyfikacji wzorca żywieniowego, a nie wtórnych zmian behawioralnych lub stylu życia.

2.3.5. Ograniczenia badania

Niniejsze badanie posiada kilka ograniczeń, które należy uwzględnić przy interpretacji uzyskanych wyników. Po pierwsze, czas trwania interwencji wynoszący 12 tygodni mógł być niewystarczający do ujawnienia istotnych statystycznie zmian w zakresie parametrów metabolicznych innych niż masa ciała i wybrane elementy składu ciała, w szczególności profilu lipidowego, gospodarki węglowodanowej oraz ciśnienia tętniczego krwi.

Po drugie, badanie obejmowało relatywnie niewielką liczbę uczestników, co ogranicza moc statystyczną analiz oraz możliwość uogólniania wyników na populację ogólną. Dodatkowo w próbie przeważały kobiety, co może wpływać na obserwowane efekty interwencji, biorąc pod uwagę różnice płciowe w zakresie zachowań zdrowotnych, motywacji oraz odpowiedzi metabolicznej na interwencje dietetyczne.

Kolejnym ograniczeniem był brak zaślepienia uczestników co do rodzaju stosowanej diety, co jest trudne do uniknięcia w badaniach żywieniowych. Świadomość przydziału do określonego modelu żywienia mogła wpływać na zachowania uczestników oraz ich zaangażowanie w realizację zaleceń. Ponadto rekrutacja ochotników mogła sprzyjać udziałowi osób bardziej zainteresowanych zdrowym stylem życia lub dietami roślinnymi, co potencjalnie wprowadzało efekt autoselekcji.

Pomimo zastosowania wieloetapowego systemu monitorowania przestrzegania zaleceń dietetycznych, nie było możliwe pełne kontrolowanie rzeczywistego spożycia żywności. Ocena diety opierała się na 24-godzinnych wywiadach żywieniowych, które dostarczają jedynie przybliżonej informacji o sposobie żywienia i nie pozwoliły na przeprowadzenie szczegółowej

analizy spożycia błonnika pokarmowego, profilu kwasów tłuszczowych ani wybranych mikroelementów, które mogły mieć znaczenie dla obserwowanych efektów metabolicznych.

Ocena aktywności fizycznej oraz cech apetytu miała charakter deklaracyjny i opierała się na kwestionariuszach, co wiąże się z ryzykiem błędu raportowania. Ponadto brak istotnych zmian w cechach apetytu może wynikać z relatywnie krótkiego czasu obserwacji – zmiany w tym obszarze mogą wymagać dłuższego okresu adaptacji do nowego wzorca żywieniowego.

Ponadto, długoterminowa trwałość obserwowanych efektów nie mogła zostać oceniona w ramach niniejszej analizy, a częściowy wzrost masy ciała obserwowany w końcowej fazie interwencji sugeruje, że utrzymanie restrykcji dietetycznych może stanowić wyzwanie dla części uczestników, szczególnie że w badaniu uczestniczyły osoby, które wcześniej spożywały mięsa i produktów pochodzenia zwierzęcego nie ograniczały. z tego względu konieczne są dalsze badania o dłuższym okresie obserwacji, obejmujące większe grupy badanych oraz uwzględniające czynniki motywacyjne i behawioralne wpływające na długoterminowe przestrzeganie zaleceń.

3. Podsumowanie i wnioski

W niniejszym cyklu prac poświęconych roli diet opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne i cechy apetytu u osób z otyłością i chorobami jej towarzyszącymi szczególnie nacisk położono na praktyczny i aplikacyjny wymiar uzyskanych wyników. Mimo rosnącej popularności diet roślinnych oraz ich obecności w zaleceniach żywieniowych, analiza dostępnych danych naukowych ujawniła istotne rozbieżności w zakresie ich skuteczności, optymalnej struktury oraz mechanizmów leżących u podstaw obserwowanych efektów zdrowotnych.

Przeprowadzony przegląd piśmiennictwa pt. *Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review* (**publikacja nr 1**) pozwolił wykazać, że różne modele diet roślinnych od modeli restrykcyjnych, takich jak dieta wegańska, po mniej restrykcyjne wzorce ograniczające spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego mogą korzystnie wpływać na wybrane komponenty zespołu metabolicznego. Jednocześnie analiza dostępnych randomizowanych badań klinicznych ujawniła istotną niespójność wyników, wynikającą z dużego zróżnicowania definicji diet roślinnych, niejednorodnych protokołów badawczych, różnej intensywności interwencji oraz odmiennych grup kontrolnych. W wielu badaniach oceniano jedynie wybrane wskaźniki metaboliczne, pomijając całościowe ujęcie zespołu metabolicznego jako złożonej jednostki klinicznej. Co istotne, przegląd ten pozwolił zidentyfikować wyraźną lukę badawczą w zakresie porównawczej oceny skuteczności różnych modeli diet roślinnych, różniących się stopniem eliminacji produktów odzwierzęcych. Brakuje zwłaszcza badań interwencyjnych, które w sposób jednoczesny i kontrolowany analizowałyby wpływ tych modeli na parametry antropometryczne, metaboliczne oraz cechy apetytu, a także uwzględniałyby aspekty kluczowe z punktu widzenia praktyki klinicznej, takie jak akceptowalność diety, możliwość jej długoterminowego stosowania czy jakość życia pacjentów.

Zidentyfikowanie powyższych ograniczeń i luk w aktualnym stanie wiedzy stanowiło istotny wkład poznawczy niniejszego przeglądu oraz bezpośrednią przesłankę do podjęcia dalszych badań empirycznych. Wnioski płynące z analizy literatury stały się podstawą do zaprojektowania i realizacji kolejnych etapów badań, ukierunkowanych na ocenę wpływu zróżnicowanych modeli diet roślinnych w warunkach kontrolowanej interwencji żywieniowej. Tym samym przeprowadzony przegląd nie tylko uporządkował aktualny stan wiedzy, lecz również wyznaczył kierunek dalszych prac badawczych, których celem była ocena wpływu diet opartych na produktach roślinnych a na parametry antropometryczne, metaboliczne oraz cechy

apetytu, a także określenie ich potencjalnego zastosowania w kompleksowym postępowaniu u osób z otyłością i zespołem metabolicznym.

Badanie pt. *Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys* (**publikacja nr 2**) jako pierwsze w literaturze ilościowo analizowało cechy apetytu mierzone kwestionariuszem AEBQ w kontekście spożycia produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, z jednoczesnym uwzględnieniem masy ciała i BMI. Uzyskane wyniki wykazały, że zależności pomiędzy cechami apetytu a BMI mają charakter selektywny i nie obejmują wszystkich analizowanych cech apetytu w jednakowym stopniu. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem BMI nasila się emocjonalne przejadanie się, natomiast emocjonalne niedojadanie ulega osłabieniu. Ponadto osoby z prawidłową masą ciała charakteryzowały się mniejszą skłonnością do odczuwania głodu oraz niższą reaktywnością na bodźce pokarmowe w porównaniu z osobami wyższym BMI. Nie wykazano natomiast jednoznacznych zależności pomiędzy BMI a przyjemnością z jedzenia, reaktywnością na sytość ani wybrednością pokarmową, co podkreśla złożony i wielowymiarowy charakter relacji pomiędzy cechami apetytu a masą ciała.

Analiza wzorców żywieniowych ujawniła istotne różnice pomiędzy osobami stosującymi diety roślinne a osobami preferującymi żywienie oparte na produktach pochodzenia zwierzęcego. Osoby deklarujące dietę roślinną charakteryzowały się niższą masą ciała oraz niższymi wartościami BMI. Ponadto wzorzec żywienia oparty na produktach roślinnych wiązał się z wolniejszym tempem jedzenia oraz mniejszą wybrednością pokarmową, podczas gdy wyższe spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego korelowało z częstszym odczuwaniem głodu oraz większą reaktywnością na bodźce pokarmowe.

Uzyskane wyniki sugerują, że cechy takie jak emocjonalne przejadanie się, emocjonalne niedojadanie, tempo jedzenia oraz wybredność pokarmowa mogą pełnić istotną rolę pośredniczącą w relacji pomiędzy wzorcami żywieniowymi a wskaźnikiem masy ciała. Zastosowane podejście, integrujące analizę cech apetytu z oceną wzorców żywieniowych, pozwoliło na częściowe wypełnienie luki pomiędzy fizjologicznymi i behawioralnymi aspektami regulacji jedzenia.

Badanie wnosi nową perspektywę do aktualnego stanu wiedzy, dostarczając pierwszych empirycznych danych dotyczących związku pomiędzy dietami roślinnymi a cechami apetytu ocenianymi przy użyciu kwestionariusza AEBQ. Jednocześnie należy podkreślić, że obserwowane zależności charakteryzowały się niewielką siłą efektu, co wymaga ostrożnej interpretacji wyników. Przekrojowy charakter badania oraz brak szczegółowej analizy spożycia makroskładników ograniczały możliwość wnioskowania o zależnościach przyczynowo-skutkowych. Ograniczenia te jednoznacznie wskazały na zasadność wykorzystania

kwestionariusza AEBQ w kolejnym etapie badań, realizowanym w schemacie eksperymentalnym, umożliwiającym ocenę cech apetytu w warunkach kontrolowanej interwencji dietetycznej.

Ostatnią pracą cyklu, realizującą etap empirycznej weryfikacji wcześniej zidentyfikowanych problemów badawczych oraz dopełniającą przyjętą koncepcję badawczą, było badanie eksperymentalne. w badaniu opublikowanym pod tytułem *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* (**publikacja nr 3**) wykazano, że 12-tygodniowa interwencja żywieniowa oparta na różnych modelach diet roślinnych może prowadzić do korzystnych zmian w zakresie parametrów antropometrycznych, w szczególności masy ciała, obwodu talii oraz zawartości tkanki tłuszczowej, u osób z nadwagą i otyłością.

Najbardziej wyraźne efekty interwencji zaobserwowano w grupach stosujących dietę wegańską oraz dietę EAT-Lancet Planetary Health, co potwierdza skuteczność tych modeli żywieniowych w krótkoterminowej kontroli masy ciała i składu ciała u osób z nadwagą i otyłością. Pomimo obserwowanych korzystnych trendów w zakresie profilu lipidowego, zwłaszcza w tych dwóch grupach, zmiany te nie osiągnęły istotności statystycznej. Podobnie, interwencja dietetyczna nie wpłynęła istotnie na parametry gospodarki węglowodanowej ani wartości ciśnienia tętniczego krwi, co sugeruje, że pełne efekty metaboliczne mogą wymagać dłuższego czasu trwania interwencji lub odmiennej charakterystyki populacji badanej.

Badanie VEGPREV miało charakter nowatorski, gdyż jako pierwsze umożliwiło równoległą ocenę czterech odmiennych modeli diet roślinnych, różniących się stopniem eliminacji produktów pochodzenia zwierzęcego, w porównaniu z dietą kontrolną opartą na zaleceniach WHO, w ramach jednego randomizowanego badania kontrolowanego wśród osób, które wcześniej nie ograniczały spożycia mięsa i produktów pochodzenia zwierzęcego. Zastosowane podejście pozwoliło na jednoczesną ocenę wpływu interwencji dietetycznej na parametry antropometryczne, wybrane komponenty zespołu metabolicznego, a także cechy apetytu, poziom aktywności fizycznej oraz jakość życia.

Brak istotnych zmian w zakresie cech apetytu, aktywności fizycznej i jakości życia wskazuje, że obserwowane efekty antropometryczne były przede wszystkim wynikiem modyfikacji wzorca żywienia, a nie wtórnych zmian behawioralnych. Jednocześnie stabilność tych parametrów sugeruje, że nawet bardziej restrykcyjne modele diet roślinnych były dobrze tolerowane i nie wiązały się z pogorszeniem subiektywnego dobrostanu uczestników w okresie 12-tygodniowej interwencji.

Uzyskane wyniki podkreślają potencjał diet roślinnych – w szczególności diety EAT-Lancet Planetary Health oraz diety wegańskiej jako skutecznych i możliwych do wdrożenia narzędzi w postępowaniu dietetycznym u osób z nadwagą i otyłością. Jednocześnie wskazują na potrzebę dalszych badań obejmujących większe grupy badanych oraz dłuższy okres obserwacji, które pozwoliłyby lepiej ocenić długofalowy wpływ różnych modeli diet roślinnych na parametry metaboliczne, cechy apetytu oraz trwałość uzyskanych efektów. Wyniki te mogą stanowić istotną podstawę do rozwoju praktycznych, zrównoważonych strategii żywieniowych, łączących cele zdrowotne z aspektami środowiskowymi i społecznymi.

Należy również podkreślić, że przedstawione wyniki stanowią część szerszego projektu badawczego, którego realizacja ze względu na uwarunkowania organizacyjne związane z pandemią COVID-19 wymagała wydłużenia procesu rekrutacji do badania eksperymentalnego. Okoliczność ta nie naruszyła spójności metodologicznej interwencji ani rzetelności procedur badawczych, a jednocześnie umożliwiła zebranie obszernego i wieloaspektowego materiału empirycznego. Po zakończeniu 12-tygodniowej interwencji uczestnicy mieli możliwość kontynuowania zmian żywieniowych zapoczątkowanych w trakcie badania, a projekt obejmował dalszą obserwację do 6. miesiąca, tj. do 26. tygodnia trwania programu. Dane uzyskane w tym wydłużonym okresie, w tym dotyczące wybranych parametrów sercowo-naczyniowych i stanu zapalnego oraz dane z ankiet psychologicznych są obecnie w trakcie opracowywania i analiz statystycznych i zostaną zaprezentowane w odrębnych publikacjach tematycznych.

Podsumowując, przeprowadzony przegląd piśmiennictwa, uzupełniony badaniem przekrojowym oraz randomizowanym badaniem interwencyjnym, umożliwił wielowymiarową ocenę zależności pomiędzy wzorcami żywieniowymi opartymi na produktach roślinnych i zwierzęcych, cechami apetytu oraz wybranymi parametrami antropometrycznymi i metabolicznymi. Sekwencyjna realizacja trzech komplementarnych prac badawczych pozwoliła na stopniowe przejście od identyfikacji luk w aktualnym stanie wiedzy, przez ich empiryczną eksplorację w warunkach obserwacyjnych, aż po ich weryfikację w schemacie eksperymentalnym, zgodnym z zasadami evidence-based medicine.

Analiza dostępnych badań wykazała istotny deficyt wysokiej jakości danych porównujących różne modele diet roślinnych w ujednoliconych warunkach metodologicznych, a także niedostateczne uwzględnianie czynników behawioralnych, takich jak cechy apetytu, w badaniach nad otyłością i zespołem metabolicznym. Badanie przekrojowe pozwoliło na wykazanie, że zależności pomiędzy wzorcami żywieniowymi, cechami apetytu i wskaźnikiem masy ciała mają charakter selektywny i złożony, co ogranicza możliwość ich jednoznacznej

interpretacji w schemacie obserwacyjnym. Wnioski te stały się bezpośrednią przesłanką do zaprojektowania i realizacji badania interwencyjnego VEGPREV, w którym po raz pierwszy dokonano równoległej oceny czterech modeli diet ograniczających w różnym stopniu produkty zwierzęce w porównaniu z dietą kontrolną, w ramach jednego randomizowanego badania kontrolowanego.

Całość przeprowadzonych badań wnosi nową perspektywę do badań nad otyłością i zespołem metabolicznym, uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do bardziej świadomego, zindywidualizowanego doboru modeli żywieniowych, uwzględniającego zarówno efekty metaboliczne, jak i cechy apetytu pacjentów, które mogą warunkować długoterminową skuteczność interwencji.

Dodatkową wartością realizowanego cyklu prac była jego interdyscyplinarność, obejmująca współpracę specjalistów z zakresu dietetyki, medycyny, psychologii oraz diagnostyki medycznej, a także integracja różnych podejść metodologicznych – od analiz przeglądowych, przez badania obserwacyjne, po badania interwencyjne. Takie podejście sprzyja popularyzacji decyzji klinicznych opartych na dowodach naukowych i odpowiada na aktualne wyzwania zdrowia publicznego związane z narastającą częstością otyłości i chorób metabolicznych.

Uzyskane wyniki dostarczają również przekonujących przesłanek do dalszego badania zrównoważonych wzorców żywieniowych jako strategii terapeutycznych oraz do oceny ich potencjału w działaniach z zakresu zdrowia publicznego. w szczególności wskazują na zasadność promowania modeli żywienia, które łączą korzyści zdrowotne z aspektami środowiskowymi, w tym ograniczeniem śladu węglowego i zużycia zasobów naturalnych, co nabiera szczególnego znaczenia w kontekście rosnącej globalnej konsumpcji produktów pochodzenia zwierzęcego. Jednocześnie podkreślają potrzebę prowadzenia dalszych badań obejmujących większe populacje oraz dłuższe okresy obserwacji, które pozwolą lepiej ocenić trwałość obserwowanych efektów oraz ich znaczenie kliniczne i populacyjne.

4. Kopie opublikowanych prac

4.1. Publikacja nr 1

Wiśniewska K, Okręglicka KM, Nitsch-Osuch A, Oczkowski M. Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered-A Narrative Review. *Nutrients*. 2024 Jan 4;16(1):165. doi: 10.3390/nu16010165. PMID: 38201994; PMCID: PMC10780839



Review

Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review

Klaudia Wiśniewska ^{1,2,*} , Katarzyna Małgorzata Okręglicka ¹ , Aneta Nitsch-Osuch ¹ and Michał Oczkowski ³

¹ Department of Social Medicine and Public Health, Medical University of Warsaw, 3 Oczki Street, 02-007 Warsaw, Poland; katarzyna.okreglicka@wum.edu.pl (K.M.O.); aneta.nitsch-osuch@wum.edu.pl (A.N.-O.)

² Doctoral School, Medical University of Warsaw, 02-091 Warsaw, Poland

³ Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (SGGW-WULS), 159c Nowoursynowska Street, 02-776 Warsaw, Poland; michal_oczkowski@sggw.edu.pl

* Correspondence: klaudia.wisniewska@wum.edu.pl; Tel.: +48-884-984-442

Abstract: Metabolic syndrome (MetS) is defined as the co-occurrence of at least three of the following metabolic disorders: abdominal obesity, hypertriglyceridemia, low high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), high blood glucose, and hypertension. The treatment of MetS involves lifestyle changes, including following an appropriate diet. In addition to weight reduction, it is crucial to search for optimal nutritional patterns that are highly effective in optimizing other MetS markers, such as glucose and lipid metabolism, and reducing blood pressure. To date, the effects of a Mediterranean diet and Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet on MetS have been extensively evaluated. Recent epidemiological studies suggest that plant-based diets (PBDs) may be effective in treating MetS; however, there is still a lack of experimental data. This review aims to analyze the potential benefits of different PBDs on MetS determinants based on the available studies. The findings may help personalize dietary interventions and improve patient care for those with MetS.

Keywords: metabolic syndrome; plant-based diet; vegan; vegetarian; obesity; weight loss



Citation: Wiśniewska, K.; Okręglicka, K.M.; Nitsch-Osuch, A.; Oczkowski, M. Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review. *Nutrients* **2024**, *16*, 165. <https://doi.org/10.3390/nu16010165>

Academic Editor: Andrea Fabbri

Received: 15 November 2023

Revised: 29 December 2023

Accepted: 2 January 2024

Published: 4 January 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

Sedentary behaviors are associated not only with limited physical activity, but also with an increased consumption of high-energy and ultra-processed foods. These lifestyle changes contribute to a rise in the number of people suffering from obesity as well as a higher risk of hypertension and disorders of carbohydrate and lipid metabolism [1–3]. These disorders are associated with metabolic syndrome (MetS) which, in the absence of appropriate treatment, leads to the development of cardiovascular diseases and type 2 diabetes mellitus (T2DM) [4].

According to the International Diabetes Federation, the American Heart Association, and the National Heart, Lung, and Blood Institute [4], MetS can be defined as the presence of at least three of the following risk factors for the development of cardiovascular diseases and diabetes:

- Waist circumference exceeding 94 cm in men and 80 cm in women;
- High plasma triglycerides level—at least 150 mg/dL;
- Lowered plasma high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) level—less than 40 mg/dL in men or less than 50 mg/dL in women;
- Fasting plasma glucose level of at least 100 mg/dL;
- Systolic blood pressure (SBP) of at least 130 mmHg and/or diastolic blood pressure (DBP) of at least 85 mmHg.

The prevalence of MetS varies depending on the region and population being studied. The global MetS occurrence ranges from 12.5% (95% confidence interval (CI): 10.2–15.0)

to 31.4% (29.8–33.0), with an upward trend being observed in most cases. Recent data published in 2022 [5] show a positive correlation between MetS prevalence and the country's income level. An analysis of risk factors for MetS reveals a global prevalence at ca. 45% for ethnic-specific abdominal obesity and 24.5% for fasting plasma glucose ≥ 100 mg/dL. Additionally, a prevalence of 42.6% for SBP ≥ 130 mmHg and/or DBP ≥ 85 mmHg, 40.2% for HDL-C < 40 mg/dL was found for men, or < 50 mg/dL for women, and 28.9% for serum triglycerides ≥ 150 mg/dL.

Prevalence data clearly indicate that MetS is a significant health issue with high health-care costs. Early diagnosis and treatment are crucial [6–8]. One of the elements preventing MetS and supporting its treatment is a change in lifestyle, including following an appropriate diet [9]. In addition to weight reduction, it is crucial to search for optimal nutritional patterns that effectively optimize other components of MetS, such as glucose and lipid metabolism, and reduce blood pressure [9,10]. Regarding the recent recommendations [11], it seems reasonable to consider diets limiting the consumption of meat and meat products. Healthy plant-based diets (PBDs) have not only been associated with a lower risk of various non-communicable chronic diseases (NCDs) [12,13], but also seem to be more environmentally sustainable, as they may significantly reduce agricultural land use, greenhouse gas emissions, water usage and eutrophication [14].

To date, the effects of the Mediterranean diet and Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet on MetS management have been extensively evaluated [15–21]. However, there have been very few analyses on the impact of PBDs, particularly from experimental studies. This paper focuses on the effects of typical PBDs, which exclude meat, fish, and seafood consumption (vegan, vegetarian, including ovo-vegetarian and lacto-ovo-vegetarian), and their effects on MetS, as presented in articles published in recent years. In addition, searches were performed for other, less restrictive PBDs, such as pescatarian, semi-vegetarian, and flexitarian diets. The aim of this review is to analyze the potential benefits of various PBDs on MetS components based on the available studies, since improving individual components may lead to better patient prognosis.

2. The Context: What Do We Know about Plant-Based Diets and Their Potential Effects on Metabolic Syndrome Components?

2.1. Plant Based Diet Characteristics

The term “plant-based diet” refers to a wide range of dietary patterns that involve the reduced consumption of animal-based foods, such as meat and dairy products, and increased consumption of plant-origin food items. The literature offers different interpretations of the various types of PBDs [22,23].

Several authors suggest that PBDs do not require the exclusion of any food groups. That is why diets in which plant products constitute the dominant food source, such as the Mediterranean diet or the DASH diet, are often included in this group [24,25]. Other studies equate PBDs with vegetarianism. Therefore, it is crucial to adopt universal definitions of both these terms in order to limit the risk of faulty interpretations of the studies and incorrect conclusions. The same problem has been observed by Hargreaves et al. [26], who proposed defining PBD as “a dietary pattern in which foods of animal origin are totally or mostly excluded”. Such a definition includes those non-vegetarian diets in which calories from plant-based foods are dominant. A narrower definition was put forward for the vegetarian diet, which reads “a dietary pattern that excludes meat, meat-derived foods, and, to different extents, other animal products”. The basis of a vegetarian diet consists mainly of plant products, which include grain products, vegetables and fruits, legumes. In addition, nuts, seeds, and vegetable oils are consumed. Due to the potential negative impact on the MetS factors of processed, low-nutritional-value and high-salt plant food, low-processed food is highly recommended. On the other hand, recommendations for a higher consumption of vegetables to reduce the risk of MetS should also take into account the proper food processing methods (for example, freezing, blanching or steaming) that can help to diminish the loss of bioactive compounds

(including polyphenols), which are crucial for the prophylaxis and dietary management of MetS components [27]. Vegetarian diets are categorized based on the type of products that are allowed or eliminated. These two definitions distinguish between vegetarian diets (ranging from lacto-ovo-vegetarian to vegan diets) and non-vegetarian diets that rely heavily on plant-based foods. Hence, the latter group includes flexitarian, pescetarian and ovo-lacto-vegetarian diets, providing that animal-based foods (meat, eggs or dairy products) in these diets do not constitute the primary food source and at least half of the energy value comes from plant products [22,26,28]. The PBDs that are the subject of this review, along with their definitions, are presented in Figure 1.

	OMNIVORE	FLEXI-VEGETARIAN	PESCO-VEGETARIAN, PESCETARIAN	LATCO-OVO-VEGETARIAN	LACTO-VEGETARIAN	OVO-VEGETARIAN	VEGAN (excludes all animal-derived products)
RED MEAT	✔	✔✖ Limited in different amounts	✖	✖	✖	✖	✖
POULTRY	✔		✖	✖	✖	✖	✖
FISH AND SEAFOODS	✔		✔	✖	✖	✖	✖
EGGS	✔		✔	✔	✖	✔	✖
DAIRY	✔		✔	✔	✔	✖	✖
FRUITS, VEGETABLES, GRAINS, NUTS, SEEDS, BEANS, PULSES	✔						

Figure 1. Classification of diets according to the amount of animal or plant products consumed.

It should be added that the literature also discusses various subtypes of vegan diets, for instance, a raw vegan diet (no processed or cooked foods), whole-food vegan diet (no processed foods), and whole-food, low-fat vegan diet (no processed and high-fat plant foods) [26]. Some of them are analyzed in this review.

The American Dietetic Association [22] indicates that properly balanced and well-planned vegetarian/vegan diets are suitable for all stages of human life. Appropriately composed vegetarian diets provide all essential nutrients and help to prevent many non-communicable chronic diseases (NCDs). Furthermore, lacto-vegetarians and vegans have been shown to have higher overall diet quality compared to non-vegetarians [29,30]. Vegetarians are more likely to closely follow recommendations for total fruit, whole-grain, and plant-based protein consumption. Since vegetarian diets are characterized by an overall higher quality, this fact may, to some extent, account for the better health outcomes compared to omnivore diets [31]. Research shows that PBDs are often linked with improvements in many parameters, including MetS markers or factors caused by them [32–34]. The potential impact of plant-based diets on metabolic syndrome is presented in Figure 2.

2.2. PBDs Potential Effects on the Components of MetS

Different types of PBDs may have varying effects on MetS parameters. Since research comparing all MetS parameters is scarce, the present paper discusses studies focused primarily on MetS components.

METABOLIC SYNDROME



Figure 2. Plant-based diets and their potential influence on metabolic syndrome.

2.2.1. Waist Circumference and Body Mass

It has already been established that the implementation of vegetarian/vegan diets resulted in a reduction in mean body weight among the participants in clinical trials, which points to their usefulness in preventing and managing weight-related conditions [35]. As weight decreases, so does waist circumference, but not all studies report these parameters. Interesting results were provided by a study conducted by Turner-McGrievy et al. [36], in which obese and middle-aged subjects were randomly assigned, for the duration of 6 months, to one of the following diets: omnivorous, semi-vegetarian, pesco-vegetarian, vegetarian, or vegan, without any restrictions regarding food quantity. After this period, the greatest body weight reduction was noticed in the vegan (-7.5%) and the vegetarian (-6.3%) subjects compared to the other groups (about -3.2%). This was the first study of this type comparing the effectiveness of different PBDs. A similar trend was also observed in other studies [37–41]. Further publications, including meta-analyses, concentrated mostly on vegan and vegetarian diets. A meta-analysis of randomized controlled trials by Huang et al. [42] found that following vegetarian diets may be conducive to weight loss. A significant weight reduction was observed in patients following a vegan diet (-2.52 kg; 95% CI: from -3.02 to -1.98), while those following lactovegetarian diets experienced a lower weight reduction (-1.48 kg; 95% CI: from -3.43 to 0.47). Greater weight loss was noted among patients on calorie-restricted vegetarian diets (-2.21 kg; 95% CI: from -3.31 to -1.12) compared to those without energy restriction (-1.66 kg; 95% CI: from -2.85 to -0.48). Increased weight loss was also observed in those individuals with a follow-up period of <1 year (-2.05 kg; 95% CI: from -2.85 to -1.25) compared to those with a follow-up period of ≥ 1 year (-1.13 kg; 95% CI: from -2.04 to -0.21). A recent meta-analysis confirmed a positive relationship between following PBDs and body composition [43–46]. However, some of the analyzed studies showed no significant differences in changes in patients' body weight, BMI, and waist circumference, especially when vegan and vegetarian diets were compared with other beneficial dietary patterns, such as the Mediterranean diet [47] or the recommendations of the American Heart Association [43]. Melgar et al. [44] also observed a reduction in body weight (by 3.60 kg, 95% CI from -4.75 to -2.46), without a significant reduction in waist circumference, in individuals who reported a vegetarian dietary pattern. The results of clinical trials, as well as meta-analyses of these studies, are, therefore, inconsistent. The authors agree that vegetarian diets, including vegan diets,

can lead to weight loss, but the results on body composition or waist circumferences are inconclusive. The potential benefits of PBDs for body weight and other anthropometric parameters may result from a better diet structure, such as a low caloric density and reduced levels of saturated fatty acids, as well as a higher content of fiber and mono- and polyunsaturated fats [45]. Other, not fully explained mechanisms may concern the role of intestinal microbiota, the obesity-causing effects of trimethylamine *n*-oxide, or the role of polyphenols on the regulation of fatty acid metabolism [46].

2.2.2. Lipid Metabolism

PBDs have also been associated with positive cardio-metabolic effects. In fact, PBDs lead to a reduced risk of cardiovascular disease, cardiovascular disease mortality, and all-cause mortality [17], though most of the data come from large prospective cohort studies carried out in the USA, Europe, or Asia [48], not from experimental studies. However, even for cohort studies, these correlations are not observed for every population. For instance, in a study of black Americans, no positive correlation was found between higher adherence to a PBD and a decrease in mortality from cardiovascular causes or any cause [13]. Important results were also obtained by Termannsen et al. [49], showing a significant reduction in total cholesterol (-0.30 mmol/L, 95% CI: from -0.52 to -0.08 , $p = 0.007$), and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) (-0.24 mmol/L, 95% CI: from -0.40 to -0.07). However, the effect was not observed for HDL-C, triglycerides [50]. On the other hand, a meta-analysis of studies from 1982 to 2022, published in 2023 [51], strongly indicated that a vegan diet, compared to omnivorous diets, was associated with reduced TC, LDL-C levels. These findings were consistent with results obtained from RCT studies reviews published through 2017 [52]. The cardioprotective effect of PBDs is primarily due to the low levels of saturated fatty acids, nitrosamines, and heme iron, commonly found in meat products. In addition, the higher intake of dietary fiber in these diets has the effect of lowering plasma cholesterol levels by binding dietary cholesterol to bile acids in the intestinal. Subsequently, the decrease in cholesterol level results in increased LDL receptor expression and activity and the removal of LDL from plasma. Another important factor is an increased intake of polyphenols, including flavonoids commonly found in fruits, vegetables, and legumes. There is a wide range of evidence regarding the involvement of these compounds in reducing lipid levels, including their ability to increase resistance to LDL oxidation and inhibit thrombus formation [45,46,48,53].

2.2.3. Blood Pressure

Inappropriate dietary habits have been linked to an increased risk of hypertension [54]. Moreover, excessive salt intake is a well-documented dietary factor that significantly increases the risk of this disease [55]. However, the results of studies on the effects of specific types of plant-based diets on hypertension are inconsistent. In the previously mentioned study by Weston et al. [13], no decrease in blood pressure values was observed. With regards to hypertension, Gibbs et al. [56] showed that PBDs with limited animal products lead to a reduction in both SBP and DBP values, irrespective of the participant's gender and BMI. The pooled analysis revealed that PBDs in vegan and lacto-ovo-vegetarian subjects were associated with a lower SBP (by 1.30 mmHg, 95% CI: -3.90 , 1.29; and 5.47 mmHg, 95% CI: -7.60 –3.34, respectively). Similar effects were noted for DBP. Dybvik et al. [57] indicated that vegetarians and vegans had a lower risk (by 15% and 18%, respectively) of hypertension compared to omnivores. The beneficial effects of PBDs on blood pressure also result from a higher intake of hypotensive dietary components, such as dietary fiber, potassium, magnesium, and calcium. Furthermore, compared to omnivores, individuals following a plant-based diet tend to consume less salt. Salt restriction is an effective way to prevent and treat hypertension [57,58].

2.2.4. Glycemia

Reducing the consumption of meat and animal origin products has been linked to a decreased risk of certain NCDs, such as T2DM. Termansen et al. [49] demonstrated that vegan diets led to a reduction in plasma glycated hemoglobin (HbA1c) level (−0.18%, 95% CI: from −0.29 to −0.07) compared to control diets. Different results were provided by the study by Melgar et al. [44], indicating that a vegan diet was not associated with a decrease in the plasma HbA1c or insulin level. One of the main mechanisms responsible for an improved glycemic control in people following PBDs is the improvement in insulin sensitivity. This beneficial effect can be brought about by the consumption of foods with a lower glycemic index, such as legumes and green leafy vegetables, as well as the replacement of meat with legumes, including soy products [59]. Glycemic control may also be improved by the gastrointestinal hormonal response, particularly the incretins response. These hormones, such as glucose-dependent insulinotropic peptide, peptide tyrosine-tyrosine and pancreatic peptide, are involved in the regulation of glucose metabolism and satiety. In patients with T2DM, the action of incretins is impaired, which may be further influenced by diet. Belinova et al. [60] demonstrated that the consumption of processed meat limits the release of gastrointestinal hormones, including incretins, both fasting and after a meal, compared to a vegan meal. A similar effect was reported by Klementova et al. [61], following a randomized crossover study that showed an increase in plasma gastrointestinal hormones and greater satiety after eating a single plant-based meal containing tofu compared to a meal consisting of processed meat and cheese with adequate energy and macronutrient content. These findings suggest that PBDs may be beneficial for improving gastrointestinal hormone release in diabetic patients. While plant-based diets have many benefits, it is important to consider the degree of processing of plant products, as well as the sugar content and total dietary sugar intake. Plant-based diets, particularly vegan diets, tend to have a higher carbohydrate intake, which may result in a higher proportion of sugar in the diet. This can have a negative impact on individual MetS components, including glycemia [3,15,16]. In particular, the findings demonstrated by Åbergg et al. [62] revealed that the intake of less-processed whole-grain products with a lower glycemic index (compared to finely milled whole-grain foods) contributed to a lower variability in 24 h glycemia in patients with T2DM.

3. Plant-Based Diets and Their Influence on Metabolic Syndrome Indices—Current Evidence from RCTs Studies

This review presents the current evidence on the outcomes of PBD treatments on MetS components to determine which supportive strategies and dietary treatments are effective and therefore may be recommended for implementation in clinical practice. A summary of the results of RCTs studies is presented in Table S1 (in the Supplementary Material). It should be noted that this does not include data on meat-restrictive diets such as the DASH diet and the Mediterranean diet, which have been extensively reported elsewhere [15,17,19,21,25].

Additionally, there data from randomized clinical trials concerning the effects of vegetarian diets (lacto-vegetarian, lacto-ovo-vegetarian, ovo-vegetarian) on MetS parameters are scarce. Thomas et al. [63] conducted a randomized crossover study among people following PBDs. The study recruited participants diagnosed with MetS. They were assigned a vegetarian diet for 13 weeks with 2 eggs per day, or an equivalent amount of egg substitute combined with spinach in the form of an omelet for breakfast. All participants followed a lacto-vegetarian diet ad libitum, restricting meat, poultry, and fish. In addition, eligible participants underwent a 2-week wash-out period without eggs and spinach intake. They were randomly assigned to eat spinach (70 g) with 2 eggs or an equivalent amount of egg substitute for breakfast for 4 weeks. After a 3-week washout period, they were assigned an alternative breakfast. As intended by the researchers, spinach was provided as a good source of lutein, zeaxanthin, and choline, and was also offered with whole eggs or egg substitute to assess whether the fats in the egg

yolk would further promote the absorption of these nutrients. Decreased body weight ($p < 0.02$) and a higher HDL-C ($p < 0.025$) were observed as a result of the egg-inclusive diet. There were no differences in plasma glucose, insulin, LDL-C, triglycerides level, and blood pressure value. The plasma HDL-C level was higher in the 'egg-inclusive diet' patients ($p < 0.01$) compared to 'the egg-substitute' ones. These results indicate that a combination of a PBD and whole eggs may increase plasma HDL-C levels as well as plasma choline and zeaxanthin levels, important biomarkers in people with MetS. In the CARDIVEG study [47], no significant difference was noticed in weight reduction between the patients following the lacto-vegetarian diet and the Mediterranean diet. However, differences were observed in biochemical parameters. The lacto-vegetarian diet led to a greater decrease in plasma LDL-C level (-5.44%) compared to the Mediterranean diet. In contrast, the latter diet showed a significant decrease (-5.91%) in triglyceride levels.

The study by Mishra et al. [64] concerned the effectiveness of PBDs in obesity treatment and metabolic disturbances management. It demonstrated that dietary intervention resulted in significant improvements in body weight, plasma lipid profile and glycemic control among diabetics. The changes in these variables in the intervention group were higher than in the control group, and were statistically and clinically significant. Moreover, in the majority of cases, the differences between groups remained significant after considering gender, baseline values, cluster, and medication changes. Although many participants in the intervention group were less than fully adherent to the recommended diet, the alterations introduced in their diet were still significant, and changes in anthropometric and clinical variables were observed.

Different findings were reported by Lee et al. [65], who showed that statistical significance was only achieved for the plasma HbA1c level. A significant reduction (by -0.5% and -0.2%) in the HbA1c level was detected in the group of vegan and omnivores, respectively. In addition, the vegan diet appeared to be more effective in terms of glycemic control among T2DM patients. No statistically significant differences were observed for anthropometric parameters (BMI, waist circumference). Both groups displayed similar changes in LDL-C and HDL-C, as well as SBP and DBP, while triglyceride levels tended to increase in the vegan diet group and to decrease in the conventional diet group.

A lack of significant changes between groups in lipids and anthropometric parameters was also recorded by Kahleova et al. [40]. Significant reductions in total LDL, HDL-C and BMI were only observed in the intervention group, which also showed a decrease in basal insulin secretion. Furthermore, the patients from the intervention group exhibited slightly increased beta-cell sensitivity to glucose, although statistical significance was not achieved. Furthermore, no significant changes in beta-cell function parameters were noted in the control group, with the exception of an increase in total insulin secretion. The intervention group also showed a significant dose-dependent increase in insulin secretion as a function of plasma glucose concentration.

Jenkins et al. [50] compared metabolic parameters in subjects following a low-carbohydrate vegan versus a high-carbohydrate lacto-ovo-vegetarian diet following a 6-month observation. The treatment was preceded by a 1-month-long metabolic version of these diets. It was observed that weight loss of approx. 4 kg following the metabolic study was increased to -6.9 kg on low-carbohydrate and -5.8 kg on high-carbohydrate diets after 6-month ad libitum treatments (treatment difference 95% CI: -1.1 kg, $p = 0.047$). The relative LDL-C and triglyceride plasma level reductions were also greater when following the low-carbohydrate treatment (treatment difference 95% CI: -0.49 mmol/L, $p < 0.001$ and -0.34 mmol/L, $p = 0.005$). No significant effect on other metabolic outcomes was noted. The authors concluded that a self-selected low-carbohydrate vegan diet was more conducive to a decrease in lipid levels than a high-carbohydrate, low-fat weight loss diet, and therefore had a greater capacity to mitigate heart disease risk factors. It should be also pointed out that the study had a small group of participants ($n = 39$) and a high dropout rate. Hence, further trials are warranted to evaluate the effect of low-carbohydrate diets, including more plant-based low-carbohydrate diets, on metabolic parameters.

Wright et al. [66] examined the effects of introducing dietary interventions regarding a whole-food plant-based (WFPB) diet, comparing it with standard dietary treatment in New Zealand (control group). After 6 months of the study, the intervention group showed a mean reduction in BMI of 4.4 kg/m² (range 0.4–7.4, 95% CI 3.7–5.1) and a mean reduction in body weight of 12.1 kg (range 1.4–27.3, 95% CI 9.9–14.3). Within the control group, there were no significant BMI reductions after 3 or 6 months of observation. At 6 months, the between-group analyses showed differences in BMI of 3.9 kg/m² (95% CI ± 1), and in body weight of 10.6 kg (95% CI ± 2.9), which favored the intervention. The intervention group also showed a statistically significant mean reduction in total cholesterol at all time periods, although there was a smaller effect size observed with time: at month 3, it was 0.95 mmol/L (95% CI: 0.51–1.39, $p < 0.001$), while at month 6, it was 0.71 mmol/L (95% CI: from 0.28 to 1.14, $p < 0.01$). Comparing standard care and the interventional diet program at 6 months, the analysis showed a non-significant reduction in total cholesterol at 0.45 (95% CI: from –0.09 to 1.00). Differences in plasma HbA1c level between patient groups were more favorable for the intervention group, with a reduction of 5 mmol/L (95% CI: ± 3 , $p < 0.001$) at 6 months. In the intervention group, waist circumference decreased from baseline at all time periods. No change was observed in the control group, and differences between groups showed a 10 cm (95% CI: ± 4 , $p < 0.0001$) higher mean reduction in intervention at 6 months. After 6 months, the mean BMI reduction was higher with the WFPB diet compared to normal care (4.4 vs. 0.4, difference: 3.9 kg m^{–2} (95% CI: ± 1 , $p < 0.0001$).

A study by Crosby et al. [67] showed statistically significant improvements in anthropometric and biochemical parameters exhibited by the low-fat vegan intervention group compared to the control. It should be noted that participants in the control group were not required to follow any dietary recommendations and did not receive standard medical care. While the parameters in the control group remained stable, the following results were reported for the vegan group: a decrease in body weight (5.9 kg; 95% CI: from 6.8 to 5.0) and fat mass (4.1 kg; 95% CI: from 4.7 to 3.5), as well as a reduction in visceral fat volume. Insulin resistance parameters also decreased as a result of the low-fat vegan diet (treatment effect: 1.2; 95% CI: 2.2–0.3; $p < 0.008$). In addition, an improvement in insulin sensitivity was observed. This study showed significant changes in energy and nutrient intake, which had a positive impact on diet quality.

In contrast, a study conducted on individuals with ischemic heart disease found no significant changes after following a vegan diet in biochemical and anthropometric parameters compared to the standard American Heart Association (AHA) recommendations [43]. Decreases in body weight, as measured by BMI and waist circumference, were observed in both the vegan diet and in participants following the AHA recommendations. However, these changes were not statistically significant between the two groups. In addition, there were no significant differences in fasting glucose, HbA1c, insulin and blood lipids between the groups. The authors concluded that a vegan diet does not provide significant additional benefits over the AHA-recommended diet in terms of weight loss, glycemic control, or improved lipid profile. Still, a vegan diet may be recommended to reduce inflammation, as measured by the high-sensitivity C-reactive protein, a key factor in the development of major adverse cardiovascular events.

To the best of our knowledge, there are no current RCTs analyzing flexitarian and semi-vegetarian diets on MetS-related metabolic parameters. Most of the data came from epidemiological studies [68].

4. Future Perspective

The present review identified several issues with the clinical studies discussed in terms of their suitability for evaluating the effects of PBDs on MetS. First, only a limited number of the analyzed studies considered all parameters of MetS, while most of them focused only on selected MetS markers [64,65]. Another major problem is the heterogeneity of the studies in question, with variability already being present in the control groups. In some cases, the control groups followed country-specific dietary recommendations [40,65,66], while

in other studies no nutritional guidelines were provided [40,64,67]. A better approach would be for the control group to follow an optimal dietary model developed for the country or at least to adhere to general world recommendations [69]. Moreover, the intervention groups consisted of diverse participants with varying health statuses (healthy people and persons with T2DM), which renders the task of comparing the effectiveness of different interventions even more challenging. As the interventions themselves ranged from simple to more complex, the issue of heterogeneity also pertains to delivery mechanisms, intensity, and behavioral strategies. Variations were also recorded in the supplementation protocol or the lack thereof. Following a vegetarian and especially a vegan diet may result in deficiencies in micronutrients. One example of a deficient vitamin that should be supplemented, especially in the vegan group, is vitamin B12 [48,70,71]. Some studies lacked supplementation data and information on what doses and forms of vitamin B12 were provided to participants [43,50,52].

Finally, when designing experimental clinical trials, it is important to consider the differences in the amount of animal- and plant-origin products. Hargreaves et al. [26] pointed out that although vegetarians tend to consume more plant foods, a vegetarian diet may nonetheless contain a significant number of calories from non-plant-based sources (dairy, eggs, honey). The percentage of calories from animal products may be even higher in the case of flexitarian, pescetarian, and semi-vegetarian diets. This is especially critical when designing studies in which patients consume foods *ad libitum*.

Therefore, it is impossible to conclude, based on RCT studies, which PBD intervention is most effective in patients with MetS. The considerable heterogeneity of the reviewed studies and the limited comparisons between trials greatly limit the potential to implement the results in clinical practice. The studies were short- and medium-term, and the results should be verified in larger, long-term studies using consistent outcome measures. Future studies should also include a thorough description of the study protocol with information on dietary supplementation, an accurate assessment of the intake or diet that patients followed, and patient-related outcomes. It would also be beneficial to include an assessment of the patient's quality of life during the intervention. In addition, future studies should aim to recruit larger groups of participants that are more diverse in terms of their race or ethnicity, socio-economic characteristics, and degree of adherence to a healthy lifestyle. Data collected in this manner could help to personalize nutritional interventions and improve the effectiveness of care for MetS patients.

5. Conclusions

The benefits of PBDs are significant both in terms of maintaining proper health and environmental protection. Well-planned PBDs are characterized by a higher proportion of health-promoting components, such as dietary fiber, mono- and polyunsaturated fatty acids, polyphenols, vitamins, mineral elements, and plant protein.

The findings analyzed in the present review indicate that PBDs are associated with beneficial effects on MetS components. Such diets, especially vegan and lacto-vegetarian ones, are associated with a decrease in body weight and waist circumference, an optimization of lipid parameters, a decrease in plasma glucose level and a lowered blood pressure.

However, there is a lack of high-quality RCTs to determine the best evidence-based dietary model of PBDs that can be recommended for the treatment of MetS. This review additionally identified important differences in study protocols that may affect the results. Therefore, further dietary intervention studies, optimally long-term ones, are necessary to evaluate the beneficial effects of plant-based diets to improve the care of patients with MetS.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/nu16010165/s1>, Table S1: The summary of the results of chosen RCT studies of different types of plant-based diets on parameters of the metabolic syndrome.

Author Contributions: Writing—original draft preparation, K.W.; writing—review and editing, K.W., K.M.O., A.N.-O. and M.O.; supervision, M.O. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: No new data were created or analyzed in this study. Data sharing is not applicable to this article.

Acknowledgments: The authors are grateful to Joanna Reiche for her help with the linguistic proof-reading of the article and to Bartłomiej Pomorski for his help with the preparation of the graphics.

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

Abbreviations

AHA	American Heart Association
BMI	Body Mass Index
CI	Confidence interval
DASH	Dietary Approaches to Stop Hypertension
DBP	Diastolic blood pressure
HbA1c	Glycated hemoglobin
HDL-C	High-density lipoprotein
LDL-C	Low-density lipoprotein
MetS	Metabolic Syndrome
NCDs	Non-communicable chronic diseases
PBDs	Plant-based diets
RCTs	Randomized controlled trials
SBP	Systolic blood pressure
T2DM	Type 2 diabetes mellitus
WFPB	Whole-food plant-based diet

References

1. Jia, P.; Shi, Y.; Jiang, Q.; Dai, S.; Yu, B.; Yang, S.; Qiu, G.; Yang, S. Environmental Determinants of Childhood Obesity: A Meta-Analysis. *Lancet Glob. Health* **2023**, *11*, S7. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Dixon, B.N.; Ugwoaba, U.A.; Brockmann, A.N.; Ross, K.M. Associations between the Built Environment and Dietary Intake, Physical Activity, and Obesity: A Scoping Review of Reviews. *Obes. Rev.* **2021**, *22*, e13171. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Popkin, B.M.; Ng, S.W. The Nutrition Transition to a Stage of High Obesity and Noncommunicable Disease Prevalence Dominated by Ultra-Processed Foods Is Not Inevitable. *Obes. Rev.* **2022**, *23*, e13366. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Alberti, K.G.M.M.; Eckel, R.H.; Grundy, S.M.; Zimmet, P.Z.; Cleeman, J.I.; Donato, K.A.; Fruchart, J.C.; James, W.P.T.; Loria, C.M.; Smith, S.C. Harmonizing the Metabolic Syndrome: A Joint Interim Statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; And International Association for the Study of Obesity. *Circulation* **2009**, *120*, 1640–1645. [\[PubMed\]](#)
5. Noubiap, J.J.; Nansseu, J.R.; Lontchi-Yimagou, E.; Nkeck, J.R.; Nyaga, U.F.; Ngouo, A.T.; Tounouga, D.N.; Tianyi, F.-L.; Foka, A.J.; Ndoadougou, A.L.; et al. Geographic Distribution of Metabolic Syndrome and Its Components in the General Adult Population: A Meta-Analysis of Global Data from 28 Million Individuals. *Diabetes Res. Clin. Pract.* **2022**, *188*, 109924. [\[CrossRef\]](#)
6. Hirode, G.; Wong, R.J. Trends in the Prevalence of Metabolic Syndrome in the United States, 2011–2016. *JAMA* **2020**, *323*, 2526–2528. [\[CrossRef\]](#)
7. Fahed, G.; Aoun, L.; Zerdan, M.B.; Allam, S.; Zerdan, M.B.; Bouferaa, Y.; Assi, H.I. Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, *23*, 786. [\[CrossRef\]](#)
8. Tylutka, A.; Morawin, B.; Walas, L.; Michalek, M.; Gwara, A.; Zembron-Lacny, A. Assessment of Metabolic Syndrome Predictors in Relation to Inflammation and Visceral Fat Tissue in Older Adults. *Sci. Rep.* **2023**, *13*, 89. [\[CrossRef\]](#)
9. van Namen, M.; Prendergast, L.; Peiris, C. Supervised Lifestyle Intervention for People with Metabolic Syndrome Improves Outcomes and Reduces Individual Risk Factors of Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Metabolism* **2019**, *101*, 153988. [\[CrossRef\]](#)

10. Peiris, C.L.; van Namen, M.; O'Donoghue, G. Education-Based, Lifestyle Intervention Programs with Unsupervised Exercise Improve Outcomes in Adults with Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* **2021**, *22*, 877–890. [\[CrossRef\]](#)
11. Willett, W.; Rockström, J.; Loken, B.; Springmann, M.; Lang, T.; Vermeulen, S.; Garnett, T.; Tilman, D.; DeClerck, F.; Wood, A.; et al. Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems. *Lancet* **2019**, *393*, 447–492. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Hemler, E.C.; Hu, F.B. Plant-Based Diets for Personal, Population, and Planetary Health. *Adv. Nutr.* **2019**, *10*, S275–S283. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
13. Weston, L.J.; Kim, H.; Talegawkar, S.A.; Tucker, K.L.; Correa, A.; Rebholz, C.M. Plant-Based Diets and Incident Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in African Americans: A Cohort Study. *PLoS Med.* **2022**, *19*, e1003863. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Gibbs, J.; Cappuccio, F.P. Plant-Based Dietary Patterns for Human and Planetary Health. *Nutrients* **2022**, *14*, 1614. [\[CrossRef\]](#)
15. Andersen, C.J.; Fernandez, M.L. Dietary Strategies to Reduce Metabolic Syndrome. *Rev. Endocr. Metab. Disord.* **2013**, *14*, 241–254. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
16. Pérez-Martínez, P.; Mikhailidis, D.P.; Athyros, V.G.; Bullo, M.; Couture, P.; Covas, M.I.; de Koning, L.; Delgado-Lista, J.; Díaz-López, A.; Dreven, C.A.; et al. Lifestyle Recommendations for the Prevention and Management of Metabolic Syndrome: An International Panel Recommendation. *Nutr. Rev.* **2017**, *75*, 307–326. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
17. Farhadnejad, H.; Emamat, H.; Teymouri, F.; Tangestani, H.; Hekmatdoost, A.; Mirmiran, P. Role of Dietary Approaches to Stop Hypertension Diet in Risk of Metabolic Syndrome: Evidence from Observational and Interventional Studies. *Int. J. Prev. Med.* **2021**, *12*, 24. [\[PubMed\]](#)
18. Steckhan, N.; Hohmann, C.D.; Kessler, C.; Dobos, G.; Michalsen, A.; Cramer, H. Effects of Different Dietary Approaches on Inflammatory Markers in Patients with Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrition* **2016**, *32*, 338–348. [\[CrossRef\]](#)
19. Papadaki, A.; Nolen-Doerr, E.; Mantzoros, C.S. The Effect of the Mediterranean Diet on Metabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials in Adults. *Nutrients* **2020**, *12*, 3342. [\[CrossRef\]](#)
20. Calton, E.K.; James, A.P.; Pannu, P.K.; Soares, M.J. Certain Dietary Patterns Are Beneficial for the Metabolic Syndrome: Reviewing the Evidence. *Nutr. Res.* **2014**, *34*, 559–568. [\[CrossRef\]](#)
21. Cubas-Basterrechea, G.; Elió, I.; Alonso, G.; Otero, L.; Gutiérrez-Bardeci, L.; Puente, J.; Muñoz-Cacho, P. Adherence to the Mediterranean Diet Is Inversely Associated with the Prevalence of Metabolic Syndrome in Older People from the North of Spain. *Nutrients* **2022**, *14*, 4536. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Melina, V.; Craig, W.; Levin, S. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Vegetarian Diets. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2016**, *116*, 1970–1980. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Messina, V.K.; Burke, K.I. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. *J. Am. Diet. Assoc.* **2009**, *109*, 1266–1282. [\[CrossRef\]](#)
24. Figueroa, C.; Echeverría, G.; Villarreal, G.; Martínez, X.; Ferreccio, C.; Rigotti, A. Introducing Plant-Based Mediterranean Diet as a Lifestyle Medicine Approach in Latin America: Opportunities within the Chilean Context. *Front. Nutr.* **2021**, *8*, 680452. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Quarta, S.; Massaro, M.; Chervenkov, M.; Ivanova, T.; Dimitrova, D.; Jorge, R.; Andrade, V.; Philippou, E.; Zisimou, C.; Maksimova, V.; et al. Persistent Moderate-to-Weak Mediterranean Diet Adherence and Low Scoring for Plant-Based Foods across Several Southern European Countries: Are We Overlooking the Mediterranean Diet Recommendations? *Nutrients* **2021**, *13*, 1432. [\[CrossRef\]](#)
26. Hargreaves, S.M.; Rosenfeld, D.L.; Moreira, A.V.B.; Zandonadi, R.P. Plant-Based and Vegetarian Diets: An Overview and Definition of These Dietary Patterns. *Eur. J. Nutr.* **2023**, *62*, 1109–1121. [\[CrossRef\]](#)
27. Zhang, S.; Xu, M.; Zhang, W.; Liu, C.; Chen, S. Natural Polyphenols in Metabolic Syndrome: Protective Mechanisms and Clinical Applications. *Int. J. Mol. Sci.* **2021**, *22*, 6110. [\[CrossRef\]](#)
28. Kent, G.; Kehoe, L.; Flynn, A.; Walton, J. Plant-Based Diets: A Review of the Definitions and Nutritional Role in the Adult Diet. *Proc. Nutr. Soc.* **2022**, *81*, 62–74. [\[CrossRef\]](#)
29. Oncina-Cánovas, A.; Vioque, J.; González-Palacios, S.; Martínez-González, M.Á.; Salas-Salvadó, J.; Corella, D.; Zomeño, D.; Martínez, J.A.; Alonso-Gómez, Á.M.; Wärnberg, J.; et al. Pro-Vegetarian Food Patterns and Cardiometabolic Risk in the PREDIMED-Plus Study: A Cross-Sectional Baseline Analysis. *Eur. J. Nutr.* **2022**, *61*, 357–372. [\[CrossRef\]](#)
30. Wang, D.D.; Li, Y.; Nguyen, X.M.T.; Song, R.J.; Ho, Y.L.; Hu, F.B.; Willett, W.C.; Wilson, P.; Cho, K.; Gaziano, J.M.; et al. Degree of Adherence to Plant-Based Diet and Total and Cause-Specific Mortality: Prospective Cohort Study in the Million Veteran Program. *Public Health Nutr.* **2023**, *26*, 381–392. [\[CrossRef\]](#)
31. Parker, H.W.; Vadiveloo, M.K. Diet Quality of Vegetarian Diets Compared with Nonvegetarian Diets: A Systematic Review. *Nutr. Rev.* **2019**, *77*, 144–160. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Fontes, T.; Rodrigues, L.M.; Ferreira-Pêgo, C. Comparison between Different Groups of Vegetarianism and Its Associations with Body Composition: A Literature Review from 2015 to 2021. *Nutrients* **2022**, *14*, 1853. [\[CrossRef\]](#)
33. Churuangasuk, C.; Hall, J.; Reynolds, A.; Griffin, S.J.; Combet, E.; Lean, M.E.J. Diets for Weight Management in Adults with Type 2 Diabetes: An Umbrella Review of Published Meta-Analyses and Systematic Review of Trials of Diets for Diabetes Remission. *Diabetologia* **2022**, *65*, 14–36. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

34. Zhang, Z.; Wang, J.; Chen, S.; Wei, Z.; Li, Z.; Zhao, S.; Lu, W. Comparison of Vegetarian Diets and Omnivorous Diets on Plasma Level of HDL-c: A Meta-Analysis. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e92609. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
35. Barnard, N.D.; Levin, S.M.; Yokoyama, Y. A Systematic Review and Meta-Analysis of Changes in Body Weight in Clinical Trials of Vegetarian Diets. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2015**, *115*, 954–969. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
36. Turner-McGrievy, G.M.; Davidson, C.R.; Wingard, E.E.; Wilcox, S.; Frongillo, E.A. Comparative Effectiveness of Plant-Based Diets for Weight Loss: A Randomized Controlled Trial of Five Different Diets. *Nutrition* **2015**, *31*, 350–358. [\[CrossRef\]](#)
37. Saintila, J.; Lozano López, T.E.; Ruiz Mamani, P.G.; White, M.; Huancahuire-Vega, S. Health-Related Quality of Life, Blood Pressure, and Biochemical and Anthropometric Profile in Vegetarians and Nonvegetarians. *J. Nutr. Metab.* **2020**, *2020*, 3629742. [\[CrossRef\]](#)
38. Jakše, B.; Jakše, B.; Godnov, U.; Pinter, S. Nutritional, Cardiovascular Health and Lifestyle Status of ‘Health Conscious’ Adult Vegans and Non-Vegans from Slovenia: A Cross-Sectional Self-Reported Survey. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 5968. [\[CrossRef\]](#)
39. Kahleova, H.; Fleeman, R.; Hlozkova, A.; Holubkov, R.; Barnard, N.D. A Plant-Based Diet in Overweight Individuals in a 16-Week Randomized Clinical Trial: Metabolic Benefits of Plant Protein. *Nutr. Diabetes* **2018**, *8*, 58. [\[CrossRef\]](#)
40. Kahleova, H.; Tura, A.; Hill, M.; Holubkov, R.; Barnard, N.D. A Plant-Based Dietary Intervention Improves Beta-Cell Function and Insulin Resistance in Overweight Adults: A 16-Week Randomized Clinical Trial. *Nutrients* **2018**, *10*, 189. [\[CrossRef\]](#)
41. Kahleova, H.; Rembert, E.; Alwarith, J.; Yonas, W.N.; Tura, A.; Holubkov, R.; Agnello, M.; Chutkan, R.; Barnard, N.D. Effects of a Low-Fat Vegan Diet on Gut Microbiota in Overweight Individuals and Relationships with Body Weight, Body Composition, and Insulin Sensitivity. A Randomized Clinical Trial. *Nutrients* **2020**, *12*, 2917. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
42. Huang, R.Y.; Huang, C.C.; Hu, F.B.; Chavarro, J.E. Vegetarian Diets and Weight Reduction: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J. Gen. Intern. Med.* **2016**, *31*, 109–116. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
43. Shah, B.; Newman, J.D.; Woolf, K.; Ganguzza, L.; Guo, Y.; Allen, N.; Zhong, J.; Fisher, E.A.; Slater, J. Anti-Inflammatory Effects of a Vegan Diet versus the American Heart Association–Recommended Diet in Coronary Artery Disease Trial. *J. Am. Heart Assoc.* **2018**, *7*, e011367. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
44. Melgar, B.; Diaz-Arocutipa, C.; Huerta-Rengifo, C.; Piscocoy, A.; Barboza, J.J.; Hernandez, A. V Vegetarian Diets on Anthropometric, Metabolic and Blood Pressure Outcomes in People with Overweight and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int. J. Obes.* **2023**, *47*, 903–910. [\[CrossRef\]](#)
45. Pieters, M.; Swanepoel, A.C. The Effect of Plant-based Diets on Thrombotic Risk Factors. *Pol. Arch. Intern. Med.* **2021**, *131*, 16123. [\[CrossRef\]](#)
46. Najjar, R.S.; Feresin, R.G. Plant-Based Diets in the Reduction of Body Fat: Physiological Effects and Biochemical Insights. *Nutrients* **2019**, *11*, 2712. [\[CrossRef\]](#)
47. Sofi, F.; Dinu, M.; Pagliai, G.; Cesari, F.; Gori, A.M.; Sereni, A.; Becatti, M.; Fiorillo, C.; Marcucci, R.; Casini, A. Low-Calorie Vegetarian versus Mediterranean Diets for Reducing Body Weight and Improving Cardiovascular Risk Profile. *Circulation* **2018**, *137*, 1103–1113. [\[CrossRef\]](#)
48. Del Re, A.; Aspry, K. Update on Plant-Based Diets and Cardiometabolic Risk. *Curr. Atheroscler. Rep.* **2022**, *24*, 173–183. [\[CrossRef\]](#)
49. Termannsen, A.D.; Clemmensen, K.K.B.; Thomsen, J.M.; Nørgaard, O.; Diaz, L.J.; Torekov, S.S.; Quist, J.S.; Færch, K. Effects of Vegan Diets on Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Obes. Rev.* **2022**, *23*, e13462. [\[CrossRef\]](#)
50. Jenkins, D.J.A.; Wong, J.M.; Kendall, C.W.C.; Esfahani, A.; Ng, V.W.Y.; Leong, T.C.K.; Faulkner, D.A.; Vidgen, E.; Paul, G.; Mukherjee, R.; et al. Effect of a 6-Month Vegan Low-Carbohydrate (‘Eco-Atkins’) Diet on Cardiovascular Risk Factors and Body Weight in Hyperlipidaemic Adults: A Randomised Controlled Trial. *BMJ Open* **2014**, *4*, 3505. [\[CrossRef\]](#)
51. Koch, C.A.; Kjeldsen, E.W.; Frikke-Schmidt, R. Vegetarian or Vegan Diets and Blood Lipids: A Meta-Analysis of Randomized Trials. *Eur. Heart J.* **2023**, *44*, 2609–2622. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
52. Yokoyama, Y.; Levin, S.M.; Barnard, N.D. Association between Plant-Based Diets and Plasma Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutr. Rev.* **2017**, *75*, 683–698. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
53. Wang, F.; Zheng, J.; Yang, B.; Jiang, J.; Fu, Y.; Li, D. Effects of Vegetarian Diets on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J. Am. Heart Assoc.* **2015**, *4*, e002408. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
54. Nardocci, M.; Polsky, J.Y.; Moubarac, J.C. Consumption of Ultra-Processed Foods Is Associated with Obesity, Diabetes and Hypertension in Canadian Adults. *Can. J. Public Health* **2021**, *112*, 421–429. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
55. Filippini, T.; Malavolti, M.; Whelton, P.K.; Vinceti, M. Sodium Intake and Risk of Hypertension: A Systematic Review and Dose–Response Meta-Analysis of Observational Cohort Studies. *Curr. Hypertens. Rep.* **2022**, *24*, 133–144. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
56. Gibbs, J.; Gaskin, E.; Ji, C.; Miller, M.A.; Cappuccio, F.P. The Effect of Plant-Based Dietary Patterns on Blood Pressure: A Systematic Review Andmeta-Analysis of Controlled Intervention Trials. *J. Hypertens.* **2021**, *39*, 23–37. [\[CrossRef\]](#)
57. Dybvik, J.S.; Svendsen, M.; Aune, D. Vegetarian and Vegan Diets and the Risk of Cardiovascular Disease, Ischemic Heart Disease and Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Eur. J. Nutr.* **2023**, *62*, 51–69. [\[CrossRef\]](#)
58. Kahleova, H.; Levin, S.; Barnard, N. Cardio-Metabolic Benefits of Plant-Based Diets. *Nutrients* **2017**, *9*, 848. [\[CrossRef\]](#)
59. van Nielen, M.; Feskens, E.J.M.; Rietman, A.; Siebelink, E.; Mensink, M. Partly Replacing Meat Protein with Soy Protein Alters Insulin Resistance and Blood Lipids in Postmenopausal Women with Abdominal Obesity. *J. Nutr.* **2014**, *144*, 1423–1429. [\[CrossRef\]](#)

60. Belinova, L.; Kahleova, H.; Malinska, H.; Topolcan, O.; Vrzalova, J.; Oliyarnyk, O.; Kazdova, L.; Hill, M.; Pelikanova, T. Differential Acute Postprandial Effects of Processed Meat and Isocaloric Vegan Meals on the Gastrointestinal Hormone Response in Subjects Suffering from Type 2 Diabetes and Healthy Controls: A Randomized Crossover Study. *PLoS ONE* **2014**, *9*, e107561. [\[CrossRef\]](#)
61. Klementova, M.; Thieme, L.; Haluzik, M.; Pavlovicova, R.; Hill, M.; Pelikanova, T.; Kahleova, H. A Plant-Based Meal Increases Gastrointestinal Hormones and Satiety More than an Energy-and Macronutrient-Matched Processed-Meat Meal in T2d, Obese, and Healthy Men: A Three-Group Randomized Crossover Study. *Nutrients* **2019**, *11*, 157. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
62. Åberg, S.; Mann, J.; Neumann, S.; Ross, A.B.; Reynolds, A.N. Whole-Grain Processing and Glycemic Control in Type 2 Diabetes: A Randomized Crossover Trial. *Diabetes Care* **2020**, *43*, 1717–1723. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
63. Thomas, M.S.; Puglisi, M.; Malysheva, O.; Caudill, M.A.; Sholola, M.; Cooperstone, J.L.; Fernandez, M.L. Eggs Improve Plasma Biomarkers in Patients with Metabolic Syndrome Following a Plant-Based Diet—A Randomized Crossover Study. *Nutrients* **2022**, *14*, 2138. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
64. Mishra, S.; Xu, J.; Agarwal, U.; Gonzales, J.; Levin, S.; Barnard, N.D. A Multicenter Randomized Controlled Trial of a Plant-Based Nutrition Program to Reduce Body Weight and Cardiovascular Risk in the Corporate Setting: The GEICO Study. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2013**, *67*, 718–724. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
65. Lee, Y.M.; Kim, S.A.; Lee, I.K.; Kim, J.G.; Park, K.G.; Jeong, J.Y.; Jeon, J.H.; Shin, J.Y.; Lee, D.H. Effect of a Brown Rice Based Vegan Diet and Conventional Diabetic Diet on Glycemic Control of Patients with Type 2 Diabetes: A 12-Week Randomized Clinical Trial. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0155918. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
66. Wright, N.; Wilson, L.; Smith, M.; Duncan, B.; McHugh, P. The BROAD Study: A Randomised Controlled Trial Using a Whole Food Plant-Based Diet in the Community for Obesity, Ischaemic Heart Disease or Diabetes. *Nutr. Diabetes* **2017**, *7*, e256. [\[CrossRef\]](#)
67. Crosby, L.; Rembert, E.; Levin, S.; Green, A.; Ali, Z.; Jardine, M.; Nguyen, M.; Elliott, P.; Goldstein, D.; Freeman, A.; et al. Changes in Food and Nutrient Intake and Diet Quality on a Low-Fat Vegan Diet Are Associated with Changes in Body Weight, Body Composition, and Insulin Sensitivity in Overweight Adults: A Randomized Clinical Trial. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2022**, *122*, 1922–1939. [\[CrossRef\]](#)
68. Derbyshire, E.J. Flexitarian Diets and Health: A Review of the Evidence-Based Literature. *Front. Nutr.* **2017**, *3*, 55. [\[CrossRef\]](#)
69. Chidambaram, A.G.; Josephson, M. Clinical Research Study Designs: The Essentials. *Pediatr. Investig.* **2019**, *3*, 245–252. [\[CrossRef\]](#)
70. Bakaloudi, D.R.; Halloran, A.; Rippin, H.L.; Oikonomidou, A.C.; Dardavesi, T.I.; Williams, J.; Wickramasinghe, K.; Breda, J.; Chourdakis, M. Intake and Adequacy of the Vegan Diet. A Systematic Review of the Evidence. *Clin. Nutr.* **2021**, *40*, 3503–3521. [\[CrossRef\]](#)
71. Wang, T.; Masedunskas, A.; Willett, W.C.; Fontana, L. Vegetarian and Vegan Diets: Benefits and Drawbacks. *Eur. Heart J.* **2023**, *44*, 3423–3439. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

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.

Supplementary materials

Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review

Klaudia Wiśniewska ^{1,2,*}, Katarzyna Małgorzata Okręglicka ¹, Aneta Nitsch-Osuch ¹ and Michał Oczkowski ³

Table S1. The summary of the results of chosen RCT studies of different types of plant-based diets on parameters of the metabolic syndrome

Author Year, (reference)	Sample Size	Study Duration (weeks)	Age (years)	BMI (kg/m ²)	Intervention and Comparator (control) Treatments	Food intake information (calorie restriction or ad libitum)	Main Conclusions
Mishra, 2013 [64]	VD – 142 C – OM	18	45.2 (14.5)	35.0 (0.7)	Intervention: low fat vegan diets Comparator: no change in dietary patterns	Ad libitum	The low fat vegan diet led to significant improvements in body weight, plasma lipids and glycemic control among diabetics.
Jenkins, 2014 [50]	V – 20 C – 19	24	NA	31.1	Intervention: low-carbohydrate vegan diet containing 26% of calories from carbohydrate, 31% of calories from vegetable proteins and 43% from fat Comparator: high-carbohydrate lacto-ovo-vegetarian diet (58% carbohydrate, 16% protein and 25% fat)	Ad libitum, but participants were encouraged to eat only 60% of their estimated caloric requirements	Compared to a high-carbohydrate diet, a self-selected low-carbohydrate vegan diet was more beneficial in lowering lipids and, by extension, improving heart disease risk factors.
Lee, 2016 [65]	V – 46 C – 47	12	57.9 (7.3)	23.5 (3.0)	Intervention: vegan diets Comparator: conventional diet recommended by the Korean Diabetes Association 2011	Ad libitum	Both diets led to a reduction in HbA1c levels, but the vegan diet was more effective in glycemic control among patients with T2DM compared to the conventional diabetic diet recommended by the Korean Diabetes Association.
Wright, 2017 [6]	V – 33 C – 32	24	Intervention: 56 (9.9) Comparator: 56 (9.5)	Intervention: 29 Comparator: 30	Intervention: low-fat vegan diet (approximately 7–15% total energy from fat) Comparator: standard medical care in New Zealand	Ad libitum	A low-fat vegan diet led to significant improvements in BMI, WC, cholesterol levels and other cardiovascular risk factors compared to the standard medical care.
Kahleova, 2018 [40]	V – 38 C – 37	16	Intervention: 52.6 (14.7) Comparator: 54.3 (9.9)	Intervention: 33.1 (31.8–34.3) Comparator: 33.6 (32.5–34.8)	Intervention: low-fat vegan diet (~75% of energy from carbohydrates, 15% protein, and 10% fat) Comparator: no change in dietary patterns	Ad libitum	A low-fat vegan diet affects significant changes in HOMA-IR, body weight and BMI compared to the control group. Beta-cell function and insulin resistance were modified by the dietary intervention.
Sofi F, 2018 [47]	VD – 60 C – 58	12	51.1	30.6 (4.9)	Intervention: lacto-ovo-vegetarian diet (~50% to 55% of energy from carbohydrate, 25% to 30% from total fat, 15% to 20% from protein)	Calorie restriction	Both VD and MD were significantly effective in reducing BW, BMI and fat mass, but with no significant differences between them. The lacto-vegetarian diet was more effective in reducing low-density lipoprotein cholesterol levels. On

					Comparator: MD (~50% to 55% of energy from carbohydrate, 25% to 30% from total fat, 15% to 20% from protein)		the other hand, MD led to a higher reduction in triglyceride levels.
Shah, 2018 [43]	V – 50 C – 50	8	Intervention: 63.0 Comparator: 59.5	Intervention: 30.5 Comparator: 29.4	Intervention: vegan diet Comparator: conventional diet recommended by the American Heart Association	Ad libitum	The efficacy of the vegan diet was not higher compared to the standard AHE recommendations. Differences in BMI, WC and other lipid parameters were not significant between the two diet groups. In patients with ischaemic heart disease, a vegan diet may be considered to reduce C-reactive protein levels with high sensitivity as a marker of adverse effect risk.
Crosby, 2022 [67]	V – 117 OM – 102	16	Intervention: 52.6 ± 12.8 Comparator: 56.5 ± 9.7	Intervention: 33.3 (32.6-34.0) Comparator: 33.7 (32.9-34.4)	Intervention: low-fat vegan diet (~10% of energy from fat) Comparator: no change in dietary patterns	Ad libitum	Increased intake of low-fat plant foods and decreased intake of high-fat and animal foods in the intervention group was associated with decreased BW and fat loss. A low-fat vegan diet may improve indicators of diet quality and metabolic health.
Thomas, 2022 [63]	24	13	49.3 ± 8	34.3 ± 4.6	Intervention: lacto-vegetarian diet including 2 eggs per day with spinach Comparator: lacto-vegetarian diet with the equivalent amount of 2 eggs per day substitute in combination with spinach as an omelet for breakfast	Ad libitum	A lacto-ovo-vegetarian diet with whole eggs compared to vegan and lacto-vegetarian diets in participants with MetS appears to maintain and/or improve dyslipidaemia and markers of oxidative stress and inflammation.

Abbreviations: V, vegan; VD, vegetarian; OM, omnivorous; MD, Mediterranean diet; NA, not available; BMI, body mass index; BW, body weight; WC, waist circumference; HOMA-IR, Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance; HbA1c, glycated hemoglobin, T2DM, type 2 Diabetes Mellitus.

4.2. Publikacja nr 2

Wiśniewska K, Okręglicka KM, Jaworski M, Nitsch-Osuch A. Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys. *Nutrients*. 2025 Feb 4;17(3):573. doi: 10.3390/nu17030573. PMID: 39940431; PMCID: PMC11819905

Article

Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys

Klaudia Wiśniewska ^{1,2,*} , Katarzyna Małgorzata Okręglicka ¹, Mariusz Jaworski ³  and Aneta Nitsch-Osuch ¹¹ Department of Social Medicine and Public Health, Medical University of Warsaw, 02-091 Warsaw, Poland; katarzyna.okreglicka@wum.edu.pl (K.M.O.); aneta.nitsch-osuch@wum.edu.pl (A.N.-O.)² Doctoral School, Medical University of Warsaw, 02-091 Warsaw, Poland³ Department of Education and Research in Health Sciences, Medical University of Warsaw, 02-091 Warsaw, Poland; mariusz.jaworski@wum.edu.pl

* Correspondence: klaudia.wisniewska@wum.edu.pl; Tel.: +0048-22-116-63-35

Abstract: Background: Dietary patterns play a crucial role in shaping eating behaviours and influencing health outcomes, such as body weight. Understanding how appetitive traits differ between plant-based and animal-based diets can provide insights into dietary strategies for weight management and improved health. Objectives: The aim of this study was to analyse the relationships between appetitive traits, as measured by the Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ), and dietary patterns in adults consuming plant-based or animal-based diets. It examined how these dietary patterns influence body mass index (BMI) and explored the differences in appetite-related traits between groups with different levels of plant and animal product consumption. Methods: A cross-sectional survey of 553 Polish adults was conducted using validated questionnaires, including the AEBQ and a food frequency questionnaire (FFQ). The participants were categorised into four dietary groups: high intake of both plant and animal products, low intake of both, plant-based diet, and animal-based diet. The data were analysed using SPSS version 14.0 software. Results: The participants on a plant-based diet had significantly lower BMIs and slower eating rates than those on an animal-based diet. Positive correlations were observed between ‘food approach’ traits (e.g., food responsiveness, emotional overeating) and BMI, particularly in individuals with higher animal product consumption. Conversely, ‘food avoidance’ traits (e.g., food fussiness, slowness in eating) were more prevalent among those on a plant-based diet. Conclusions: The results suggest that plant-based diets are associated with favourable appetitive traits and a lower BMI. These findings highlight the potential of plant-based diets to support weight control and improve eating behaviours. Further research is warranted to investigate the causal mechanisms underlying these associations.

Keywords: plant-based diet; appetite; eating; behaviour; weight; obesity; appetitive traits

Academic Editors: Federica Valeriani and Stefania Paduano

Received: 31 December 2024

Revised: 30 January 2025

Accepted: 3 February 2025

Published: 4 February 2025

Citation: Wiśniewska, K.;

Okręglicka, K.M.; Jaworski, M.;

Nitsch-Osuch, A. Plant-Based vs.

Animal-Based Diets: Appetitive Traits

and Dietary Patterns in Adults Based

on Cross-Sectional Surveys. *Nutrients***2025**, *17*, 573. [https://doi.org/](https://doi.org/10.3390/nu17030573)

10.3390/nu17030573

Copyright: © 2025 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/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)[https://creativecommons.org/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

licenses/by/4.0/).

1. Introduction

The popularity of plant-based diets (PBDs) is increasing steadily on a global scale [1,2]. A plant-based eating pattern is currently the most recommended dietary pattern by experts [3], due to its association with a reduced risk of various non-communicable chronic diseases, including cardiovascular disease [4–6] and obesity [7–9]. PBDs are also perceived as more ethical and environmentally sustainable [10,11]. There is no universally agreed upon definition of ‘plant-based diets’ [12,13]. The term encompasses a multitude of dietary patterns, characterized by a reduction in the consumption of animal products and an increase in the intake of plant-based alternatives [14]. The reduction in or elimination of meat

products, and in some cases fish, seafood, milk and dairy products, and eggs, is the primary aspect of this dietary pattern [3]. The proposed definition of PBDs, in this study, is “a dietary pattern that excludes foods of animal origin either completely or to a great extent” [12]. A well-balanced plant-based diet that focuses on whole, minimally processed foods has been shown to provide all essential nutrients and is linked to numerous health benefits [15,16]. Individuals following plant-based diets have been observed to have lower body weight [17] and improved body composition, enhanced glycaemic [18] and lipid metabolism [19–21], and lower blood pressure [8,22]. As a result, PBDs can effectively help prevent diseases, such as obesity, metabolic syndrome, and diabetes [23]. Although research has explored the general health benefits of plant-based diets, there is limited evidence directly comparing how plant-based and omnivorous diets influence key appetite traits, such as hunger and satiety responses, particularly in controlled settings. This is particularly important now, considering the significant changes in the market for plant-based foods in recent years and the rapid increase in the number of new plant-based products available [18,24–27]. Poland, along with France, the United Kingdom, Germany, Canada, and the United States, are actively introducing plant-based alternatives to meat and dairy products [24]. This initiative is reshaping the dietary patterns of individuals who restrict their meat consumption and adhere to a vegetarian or vegan diet, potentially influencing their appetite traits [26,27]. Consequently, it is pertinent to examine the variances in individual appetite traits between groups whose dietary preferences are centred on plant-based products and those based on animal-based products.

Understanding the connections between plant-based diets and specific appetite traits may be crucial in the context of efforts aimed at preventing an epidemic of overweight and obesity, especially since previous research has shown a correlation between appetitive traits and body weight [28]. At the individual level, weight gain is determined by the interplay of excessive food intake and reduced physical activity. These behaviours are influenced by both environmental factors and genetically predetermined appetite traits, which represent stable predispositions to food. The behavioural susceptibility theory of obesity postulates that individual differences in appetite traits are linked to an inclination to gain weight in response to a prevailing obesity-promoting environment [29]. So far, many questionnaires have been used to measure appetite traits. The most commonly used tools for adults are the Three Factor Eating Questionnaire (TFEQ) [30] and The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) [31], while for children, the most frequently used questionnaire is the Child Eating Behavior Questionnaire (CEBQ) [32]. The implementation of these questionnaires has facilitated a more comprehensive understanding of the individual appetite traits that contribute to an increased risk of weight gain or resistance to weight loss. These appetitive traits encompass food responsiveness, enjoyment of food, satiety responsiveness, emotional over- and undereating, food fussiness, and slowness in eating. The association between a plant-based diet and appetite traits, as assessed by the Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ), has not yet been empirically examined. The AEBQ questionnaire, validated as a reliable tool (Cronbach’s $\alpha > 0.70$), imposes no supplementary costs for its administration [33]. Moreover, the questionnaire’s statements are lucid, and its administration is uncomplicated, as demonstrated by our previous studies in adults [34]. The AEBQ measures eight appetite traits: hunger (H), food responsiveness (FR), emotional overeating (EOE), enjoyment of food (EF), satiety responsiveness (SR), emotional undereating (EUE), food fussiness (FF), and slowness in eating (SE). The results show a positive correlation between a higher body mass index (BMI) and higher scores for the “food approach” (FR, EOE, and EF) and lower scores for the ‘food avoidance’ traits (SR, EUE, FF, and SE). The AEBQ questionnaire has been tested for its relationship with BMI

in different populations, including Spanish and Mexican [33], Italian [35,36], Polish [36], Canadian [37], Chinese [38], Portuguese [39], and Australian [40].

An exploration of the appetite traits associated with a plant-based dietary pattern may yield insights into the observed correlation between plant-based consumption and reduced body weight. The available evidence indicates that a shift towards a plant-based diet may have a favourable impact on body weight and BMI in overweight and obese individuals [41–44]. The observed reduction in body weight can be attributed primarily to an increase in the consumption of dietary fibre, polyunsaturated fats and plant proteins, accompanied by a reduction in energy intake, saturated fats, and animal proteins [45,46]. The objective of this study was to ascertain the relationship between appetite traits and specific dietary patterns, such as plant-based diets and diets high in animal products, and to evaluate their impact on body mass index. This study uniquely emphasizes appetite traits (e.g., hunger, satiety, and emotional undereating) as mediating factors that connect dietary patterns to BMI. This perspective goes beyond the conventional focus on macronutrient composition or calorie intake. Additionally, by directly comparing PBDs with animal-based diets, this study offers valuable insights into how these distinct dietary patterns affect appetite regulation, something that has been understudied. This comparative approach may help bridge the gap between the physiological and behavioural aspects of eating.

2. Materials and Methods

A cross-sectional survey was conducted in compliance with the STROBE-nut Statement [47], and the authors present this study's findings here. This study's objectives were explained to each participant, and they were given the right to withdraw from this study at any time. Participation in the survey was voluntary for all individuals. This study was submitted to the Local Bioethics Committee of Warsaw Medical University for review and certification. The committee certified that this study complied with the principles of research ethics (AKBE/220/2024). All stages of this study were conducted following the Helsinki Declaration. Ethical considerations, such as confidentiality and anonymity, were observed in this study.

Initially, we examined the hypothesis, put forward by Hunot et al. [48], suggesting that individuals with obesity exhibit heightened scores for the 'food approach' traits (FR, EOE, and EF) and diminished scores for the 'food avoidance' traits (SR, EUE, and SE). Conversely, a reverse correlation is found among individuals with a normal BMI. The second hypothesis posits that adults consuming a diet rich in animal products would manifest elevated scores for the 'food attitude' traits (FR, EOE, and EF) and reduced scores for the 'food avoidance' traits (SR, EUE, and SE). On the contrary, individuals adhering to a plant-based dietary pattern would demonstrate an inverse relationship. The findings of this study will contribute to a more profound comprehension of the distinct appetite traits demonstrated by individuals adhering to plant-based and animal-based diets.

2.1. Participants and Recruitment

The recruitment process for this study was conducted over six months, from November 2023 to April 2024. It was carried out electronically, leveraging advertisements on social media and specific health-related websites. Inclusion criteria encompassed individuals aged between 18 and 65 years who provided explicit consent to partake in this study. Individuals ineligible for participation in this study encompassed those below 18 or above 65 years of age, as well individuals with a severe medical condition, including alcoholism; major or extensive surgery; chronic kidney or liver disease; a history of myocardial infarction or unstable angina pectoris within the past six months; a history of stroke within the past six months; cancer within the past five years; a psychiatric condition that would hinder

participation in this study; the use of enteral or parenteral nutrition; pregnancy or breastfeeding; and those who did not provide consent to participate in this study. The absence of disease was declarative in nature and was one of the questions included in the questionnaire. Following survey completion, respondents were invited to provide an email address in order to receive a complimentary e-book of recipes, with a market value of EUR 12. The initial cohort comprised 570 respondents who met the inclusion criteria. However, upon final analysis, the total number of participants included was 553. Initially, 12 participants were excluded from this study (7 women were pregnant or currently breastfeeding, and 5 indicated serious illnesses on the questionnaire that prevented participation, including having a stoma and undergoing oncological treatment). Subsequently, 5 participants were excluded due to incomplete completion of the questionnaire. Questionnaires that had not been fully completed were excluded from the analysis. A comprehensive overview of this study's participants is depicted in Figure 1.

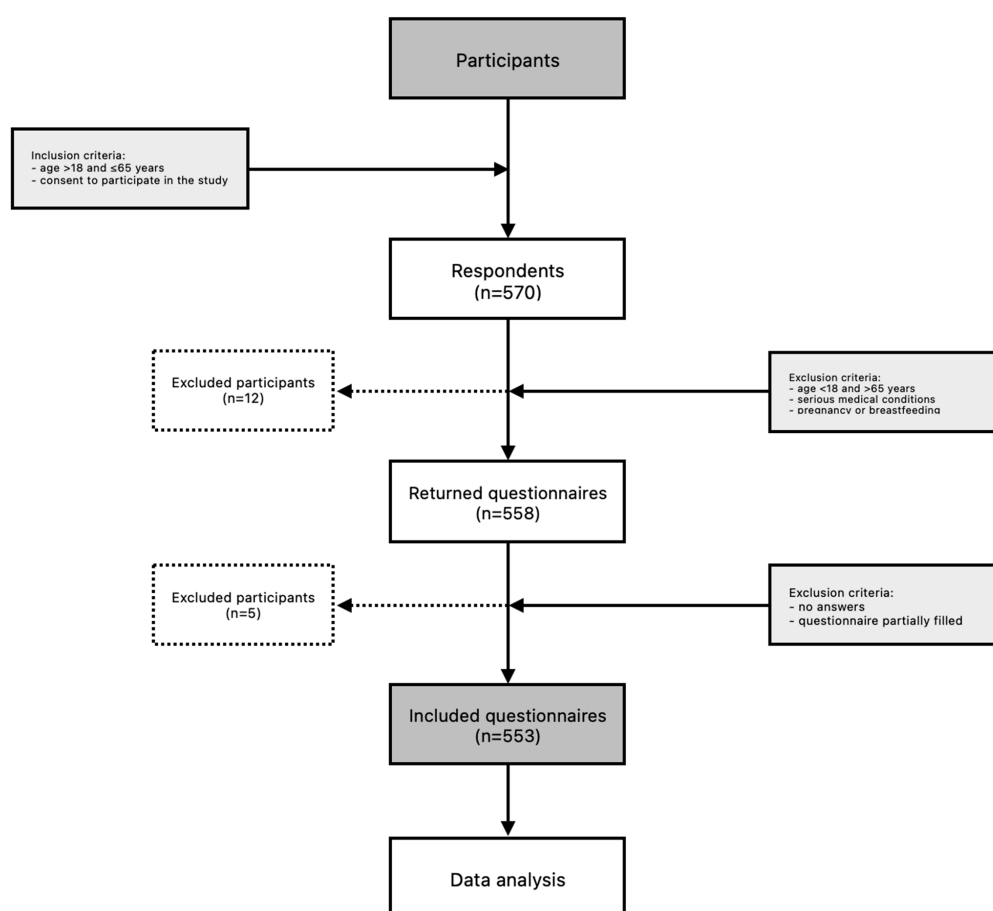


Figure 1. Flowchart: study design and data collection (n—number of participants).

2.2. Data Collection

Data were obtained through the application of validated questionnaires tailored to the Polish population: Food Frequency Questionnaire (FFQ) and Adult Eating Behaviour Ques-

tionnaire (AEBQ) [48]. Furthermore, participants were asked to complete a Questionnaire for the Assessment of Dietary Habits, Lifestyle and Nutrition Knowledge (KomPAN) [49], which includes questions regarding demographic information, such as ethnicity, educational level, occupational status, and income. Additionally, weight and height data were collected to calculate BMI. In the initial phase of this study, participants were required to respond to a series of screening questions aimed at evaluating age, physiological status (pregnancy and breastfeeding), and prevailing medical conditions.

3. Results

3.1. Data Analysis

The statistical package for social sciences (SPSS) version 14.0 was used for the statistical analysis. During the initial phase of data analysis, we computed the descriptive statistics for the research indicators (Table 1). These indicators encompassed the dimensions derived from the eating behaviour questionnaire, the FFQ, and the outcomes obtained from the AEBQ scale. The statistical calculations involved determining the range (min-max), measures of central tendency (mean), dispersion (standard deviation), asymmetry, concentration (skewness, kurtosis), and tests of the normality of the distribution to ascertain the shapes of the obtained distributions. The Kolmogorov–Smirnov tests revealed that, in most cases, the variables exhibited statistically significant departures from a normal distribution, with the exception of the food avoidance index, which conformed to a normal distribution. Moreover, the variable measuring eating pleasure displayed a distinct concentration around the mean, indicating the leptokurticity of the distributions. Additionally, Cronbach’s alpha statistics were estimated to assess the reliability of the research tools for measuring the variables under investigation. A p -value ≤ 0.05 was considered statistically significant.

Table 1. Descriptive statistics of the questionnaire survey indicators (n = 553).

	R	M	SD	Mdn	Sk	Kurt	D	α
FFQ								
Animal products	1.00–5.30	3.14	0.86	3.20	−0.41	−0.06	0.07 **	0.823
Plant products	1.14–5.71	3.95	0.71	4.00	−0.48	0.23	0.10 **	0.693
AEBQ								
Hunger	1.00–4.80	2.70	0.74	2.60	0.17	−0.10	0.07 **	0.653
Food responsiveness	1.00–5.00	2.87	0.81	2.75	0.23	0.08	0.10 **	0.677
Emotional overeating	1.00–5.00	3.17	1.07	3.20	−0.05	−0.83	0.07 **	0.885
Enjoyment of food	1.00–5.00	4.04	0.81	4.00	−0.84	1.04	0.12 **	0.859
Satiety responsiveness	1.00–4.75	2.28	0.68	2.25	0.40	0.34	0.10 **	0.590
Emotional undereating	1.00–5.00	2.41	0.94	2.40	0.23	−0.66	0.09 **	0.863
Food fussiness	1.00–4.80	1.91	0.78	1.80	0.95	0.71	0.12 **	0.836
Slowness in eating	1.00–5.00	2.46	1.00	2.25	0.43	−0.58	0.11 **	0.848
Food approach	1.00–4.76	3.11	0.66	3.12	−0.08	0.03	0.05 **	0.869
Food avoidance	1.00–4.44	2.25	0.54	2.22	0.29	0.18	0.04	0.813

R: range; M: mean; SD: standard deviation; Mdn: median; Sk: skewness of distribution; Kurt: kurtosis; D: Kolmogorov–Smirnov-test; α : α -Cronbach reliability measure; p : p -value; ** $p < 0.01$.

3.2. Demographic Characteristics of Study Participants

This study included 553 participants, aged between 19 and 65 years (mean age = 35.90; SD = 9.28). The female respondents had a slightly higher average age than the male respondents, and had a lower average height, weight, and BMI. Further details are provided in Table 2.

Table 2. Descriptive statistics of quantitative demographic indicators (N = 553).

	R	M	SD	Mdn	Sk	Kurt	D
Total							
Age	19.00–65.00	35.90	9.28	35.00	0.37	−0.35	0.07 **
Weight	45.00–136.00	75.53	17.32	73.00	0.80	0.50	0.08 **
Height	152.00–205.00	169.55	8.26	169.00	0.58	0.48	0.10 **
BMI	16.14–51.06	26.18	5.31	25.28	0.92	0.94	0.08 **
Women							
Age	19.00–61.00	36.07	9.36	35.00	0.34	−0.44	0.07 **
Weight	45.00–134.00	72.38	15.81	70.00	0.92	0.90	0.09 **
Height	152.00–188.00	167.24	6.56	167.00	0.28	0.18	0.08 **
BMI	16.14–51.06	25.85	5.41	24.77	1.04	1.22	0.10 **
Men							
Age	19.00–65.00	35.33	9.01	34.00	0.50	0.06	0.08
Weight	50.00–136.00	85.86	18.09	85.00	0.45	0.12	0.06
Height	155.00–205.00	177.12	8.73	178.00	−0.02	0.28	0.08 *
BMI	16.90–41.03	27.25	4.85	26.54	0.62	0.33	0.07

R: range; M: mean; SD: standard deviation; Mdn: median; Sk: skewness of distribution; Kurt: kurtosis; D: Kolmogorov–Smirnov-test; *p*: *p*-value, * *p* < 0.05 and ** *p* < 0.01.

Nearly four-fifths of the respondents possessed a university degree or higher, with the remaining individuals having predominantly completed secondary education. Notably, none of the participants had achieved only a primary or lower level of education. Additionally, over half of the respondents resided in urban areas with a population exceeding 100,000, while fewer than one-fifth hailed from rural or small-town settings. The majority of the respondents (approximately 45%) demonstrated a normal value for their BMI, while approximately one-third of them were classified as overweight, approximately one-fifth were obese, and less than 3% were underweight. Three-quarters of the respondents indicated permanent employment status, and one in ten reported engagement in educational pursuits. A summary of the basic demographic characteristics of the respondents is outlined in Table 3.

Table 3. Summary of basic demographic characteristics of respondents (N = 553).

		N	%	χ ² Statistics
Gender	Female	424	76.7%	157.37 **
	Male	129	23.3%	
BMI	Underweight	12	2.2%	217.76 **
	Normal weight	248	44.8%	
	Overweight	178	32.2%	
	Obese	115	20.8%	
Professional status	Retirement or disability pension	2	0.4%	1185.76 **
	Parental leave, unemployment, etc.	29	5.2%	
	Studying	47	8.5%	
	Casual job	42	7.6%	
	Permanent employment	433	78.3%	
Education	Basic vocational	2	0.4%	936.64 **
	Primary education	3	0.5%	
	Secondary education	107	19.3%	
	Higher education	441	79.7%	
Accommodation	Village	84	15.2%	483.39 **
	Town with less than 20,000 inhabitants	36	6.5%	
	Town with 20,000 to 100,000 inhabitants	73	13.2%	
	City with more than 100,000 inhabitants	360	65.1%	

Note: the result of the analysis of the proportions of the numbers is reported as a chi-square test value with statistical significance in the form of ** *p* < 0.01.

3.3. Factor Analysis of the FFQ: Animal Products and Plant Products

To reduce the research dimensions and determine the empirical structure of the FFQ questionnaire, an exploratory factor analysis using the principal components method (PCA) was conducted for 17 selected questionnaire items. The Kaiser–Mayer–Olkin (KMO) measure of sampling adequacy yielded a commendable result of 0.814, which is a good result [50,51]. Notably, the lowest single-item KMO measure stood at 0.698, a figure deemed as moderately acceptable (Field, 2009). Furthermore, Barlett’s sphericity test ($\chi^2(136) = 3095.19$; $p < 0.001$) indicated that the correlations between the items were high enough for analysis. The inter-item correlation matrix denominator was notably favourable at 0.003. The Haitovsky test, which produced a statistically non-significant result ($\chi^2(136) = 1.64$; $p = 1.000$), indicated that the item correlations did not exhibit excessive collinearity [48,49]. The Cattella criterion indicated that two factors explained 41.74% of the variance. Subsequently, an orthogonal varimax rotation was selected to allocate the individual items to the extracted factors. The comprehensive findings of the factor analysis are detailed in Table 4.

Table 4. Empirical structure of the FFQ questionnaire: factor loadings and varimax rotation.

Item		1	2
Q37	Dishes comprising white meat, such as chicken, turkey, and rabbit	0.784	−0.162
Q35	Cold cuts, sausages, or frankfurters	0.771	−0.242
Q36	Dishes made of so-called red meat, e.g., pork, beef, and veal	0.733	−0.253
Q33	Cottage cheese (including fromage frais and cottage desserts)	0.603	0.307
Q38	Fish	0.596	0.106
Q31	Milk (including flavoured milk, cocoa, and latte coffee)	0.578	0.051
Q34	Hard cheeses (including processed cheeses and moulded cheeses)	0.569	0.138
Q39	Eggs	0.556	0.216
Q32	Fermented dairy drinks, e.g., yoghurt, kefir (natural or flavoured)	0.530	0.436
Q28	Butter as an accompaniment to bread or food, for frying, baking, etc.	0.521	−0.084
Q43	Vegetables	−0.035	0.759
Q42	Fruits	0.062	0.709
Q25	Buckwheat, oatmeal, wholemeal pasta, or other coarse grains	−0.149	0.590
Q40	Dishes made from legumes, e.g., beans, peas, soy, and lentils	−0.401	0.563
Q53	Water, e.g., mineral water	0.169	0.470
Q23	Wholemeal bread	0.126	0.450
Q47	Canned vegetables or pickled vegetables	0.000	0.435
Own values		4.22	2.88
% of variance		24.81	16.93
α		0.823	0.693

α : α -Cronbach.

To determine the measurement accuracy of the research tool used, Cronbach’s alpha statistics were calculated. The first scale, consisting of 10 items, demonstrated a high reliability, with a coefficient $\alpha = 0.823$. Notably, the removal of any items would not result in an increased α value for the scale as a whole. This scale was designated as ‘Animal Products’, and a higher level corresponds to an increased consumption of these products by a respondent. The second scale, consisting of seven items, exhibited acceptable reliability, with a coefficient $\alpha = 0.693$. Similar to the first scale, the removal of any items would not elevate the α value for the overall scale. This scale was labelled ‘Plant Products’, and a higher score indicates a greater consumption of plant products by the responder. The scales did not correlate with each other; therefore, they can be considered separable ($r_s = -0.009$; $p = 0.838$).

3.4. Profiling of the Respondents

An effort was made to categorize the respondents into distinct groups (profiles) based on their consumption levels of both animal and plant products. This categorization was achieved through a k-means cluster analysis. This statistical analysis groups individuals

based on shared characteristics, allowing for the identification of four unique dietary profiles that represent varying intensities of plant and animal product consumption. The findings of the analysis indicated that plant foods played a significantly more prominent role in the clustering process ($F(3, 549) = 349.15; p < 0.001$) compared to animal foods ($F(1, 54) = 358.83; p < 0.001$). Specifically, the impact of plant foods in forming the clusters was found to be statistically significant, while that of animal foods was comparatively less pronounced. Analysing the graphs of the final cluster centres (Figure 2) and the scatter plot for the pair of variables used to classify cluster membership (Figure 3), it was observed that the classification was based on segregating the scores into low and high combinations for both scales. This resulted in the identification of four distinct groups based on their consumption of plant and animal products [12].

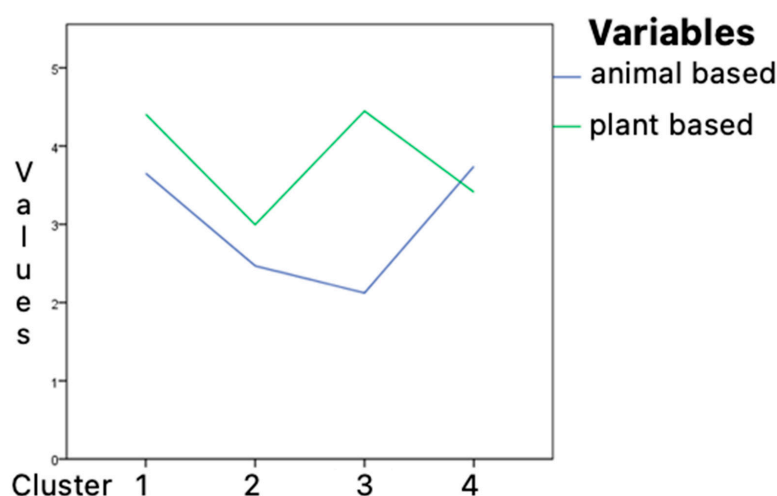


Figure 2. Final cluster centres of the four-cluster solution of the k-means analysis for variables obtained from the FFQ questionnaire.

The four groups were designated as (A) a high intake of animal and plant products, (B) a low intake of animal and plant products, (C) a plant-based diet, and (D) an animal-based diet. The allocation of the participants across these subgroups was not uniform ($\chi^2(3, N = 553) = 50.28; p < 0.001$). Approximately one-third of the participants were assigned to the high-intake group ($n = 203$; 36.7%), while approximately one-fourth were allocated to the animal-based diet group ($n = 136$; 24.6%) and the plant-based diet group ($n = 127$; 23.0%). Less than one-fifth of the participants completed the questionnaire in a manner leading to assignment to the low-intake group ($n = 87$; 15.7%). A summary of the participants is detailed in Table 5.

Table 5. Summary of respondent profiles.

Group	Respondent Profiles	N	%	χ^2
A	high intake of animal and plant products group	203	36.7%	50.28 **
B	low intake of animal and plant products group	87	15.7%	
C	plant-based diet	127	23.0%	
D	animal-based diet	136	24.6%	

Note: the result of the analysis of the proportions of the numbers is reported as a chi-square test value, with statistical significance in the form of and ** $p < 0.01$.

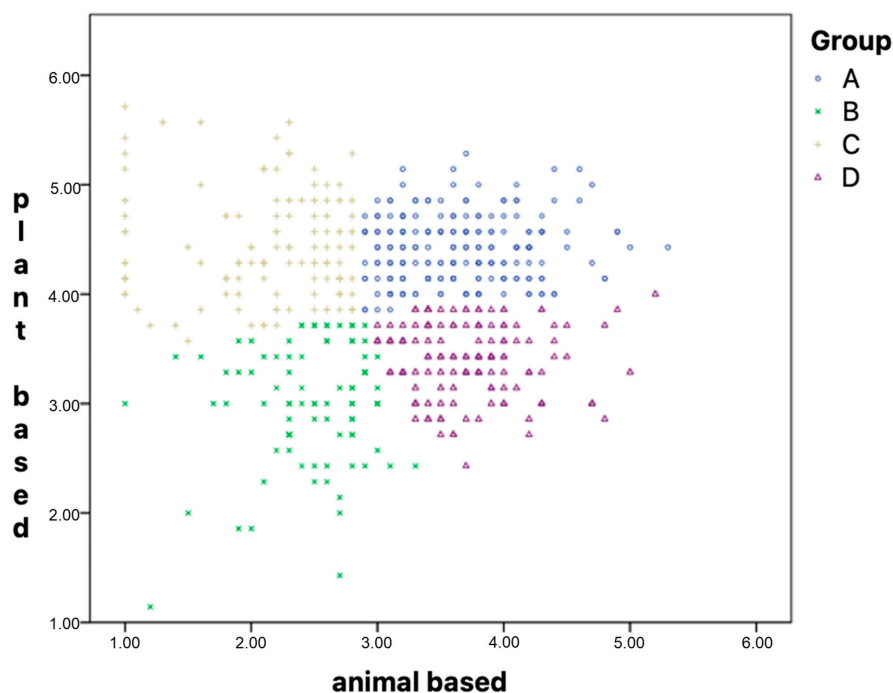


Figure 3. Scatterplot of variable-intensity scores obtained from the FFQ questionnaire against the four groups extracted by the k-means classification.

3.5. Appetitive Traits and BMI

To test the hypothesis that adults with obesity exhibit higher scores on the ‘food approach’ traits (FR, EOE, and EF) and lower scores on the ‘food avoidance’ traits (SR, EUE, and SE), while an inverse relationship is anticipated for normal-weight individuals, intergroup comparisons were conducted using the Kruskal–Wallis H rank-sum test (Table 6) to examine this hypothesis.

Several differences were observed, and post hoc tests for the significant main effects were conducted using the Bonferroni–Dunn method. Hunger and food responsiveness were found to be significantly lower in individuals with an optimal BMI compared to those with obesity. It is noteworthy that the underweight group also exhibited a high median for these indicators; however, the size of the group and its internal variation within the present analysis suggest that this result should be considered as random. Similarly, the lack of statistically significant differences in the overweight group can be attributed to its internal variation.

This study found that emotional overeating increased significantly with higher BMI categories, indicating that the subjects with higher BMIs exhibited significantly higher levels of emotional overeating. Conversely, emotional undereating decreased significantly as the BMI category increased. It is important to note that the underweight and optimal BMI groups had statistically comparable levels of emotional undereating, which were lower than the comparable levels for the overweight and obese groups. In terms of food approach, the optimal BMI group had a significantly lower BMI than the overweight and obese groups, although the difference was not statistically significant. The small size of the underweight group and the inherent heterogeneity of the results prevented the differences

compared with the other groups from being described as statistically significant. Food avoidance did not significantly differ between the underweight and optimal groups, but it was significantly lower in the underweight group than in the overweight and obese groups. The enjoyment of food, satiety responsiveness, and food fussiness did not differ between the BMI subgroups. In conclusion, the hypothesis was not fully confirmed.

Table 6. BMI categories and appetite traits.

AEBQ		I: Underweight (n = 12)		II: Normal Weight (n = 248)		III: Overweight (n = 178)		IV: Obesity (n = 115)		H(3)	p	ϵ^2	Post Hoc
		Mdn	Mrang	Mdn	Mrang	Mdn	Mrang	Mdn	Mrang				
A	Hunger	2.80	301.00	2.60	259.89	2.60	275.06	2.80	314.41	9.51	0.023	0.017	A.II < A.IV *
B	Food responsiveness	3.00	297.29	2.75	253.59	2.75	283.55	3.00	315.23	12.53	0.006	0.023	B.II < B.IV ** C.I < C.IV ** C.II < C.III ** C.II < C.IV ** C.III < C.IV
C	Emotional overeating	2.60	192.46	2.80	238.26	3.40	293.95	3.80	343.12	39.77	<0.001	0.072	n.s.
D	Enjoyment of food	4.33	288.13	4.00	291.94	4.00	269.95	4.00	254.54	4.98	0.173	0.009	n.s.
E	Satiety responsiveness	2.38	317.79	2.25	287.42	2.00	250.80	2.25	290.81	7.59	0.055	0.014	F.III < F.I *
F	Emotional undereating	3.20	397.83	2.60	303.75	2.20	258.18	2.00	235.83	24.08	<0.001	0.044	F.III < F.II * F.IV < F.I ** F.IV < F.II **
G	Food fussiness	1.30	202.33	1.80	278.75	1.80	276.01	1.80	282.56	2.83	0.419	0.005	n.s.
H	Slowness in eating	3.13	399.42	2.75	311.27	2.25	252.54	2.00	228.17	33.59	<0.001	0.061	H.III < H.I *
I	Food approach	3.09	254.67	2.94	245.33	3.18	289.10	3.35	328.90	23.16	<0.001	0.042	H.III < H.II ** H.IV < H.I ** H.IV < H.II **
J	Food avoidance	2.61	372.21	2.33	308.57	2.14	248.13	2.17	243.66	24.79	<0.001	0.045	I.II < I.III * I.II < I.IV ** J.III < J.I J.III < J.II ** J.IV < J.I *

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; Mdn: median; Mrang: mean range; H(3): Kruskal–Wallis test; p : p -value; ϵ^2 : measurement of the strength of the effect by the epsilon2 coefficient; n.s., not significant.

3.6. Respondent Profiles and Body Weight and BMI

To examine the further hypothesis that those following a plant-based diet would have lower body weights and BMIs than those with a high meat intake, we conducted a series of intergroup comparisons using the Kruskal–Wallis H rank-sum test (Table 7).

Table 7. Respondent profiles and body mass and BMI.

	Group	Mdn	Mrang	H(3)	p	Post Hoc
	Body weight					
A.I	High-intake group	74.00	281.96	21.79 **	<0.001	A.III < A.I **
A.II	Low-intake group	75.00	291.39			A.III < A.II *
A.III	Plant-based diet	67.00	222.69			A.III < A.IV **
A.IV	Animal-based diet	77.50	311.12			
	BMI					
B.I	High-intake group	25.61	285.40	23.84 **	<0.001	B.III < B.I **
B.II	Low-intake group	25.28	280.21			B.III < B.II *
B.III	Plant-based diet	23.12	220.93			B.III < B.IV **
B.IV	Animal-based diet	26.39	314.76			

Mdn: median; Mrang: mean range; H(3): Kruskal–Wallis test, p : p -value, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

A statistically significant difference was observed between the groups with regard to body weight ($H(3) = 21.79$; $p < 0.001$). The magnitude of the ϵ coefficient ($\epsilon^2 = 0.04$) suggests the presence of a very small effect. Subsequent post hoc tests, conducted using the Bonferroni–Dunn method, demonstrated that the individuals adhering to a plant-based

diet exhibited a significantly ($p = 0.006$) lower weight compared to both the high-demand and low-demand groups ($p = 0.012$), and a lower weight than those following an animal-based diet ($p < 0.001$). No significant differences were observed between the three groups, indicating that the other diets exhibited comparable effects on body weights.

Additionally, a statistically significant difference was observed between the groups with regard to BMI ($H(3) = 23.84$; $p < 0.001$; $\epsilon^2 = 0.04$). The relationship was analogous to that observed for body weight. Those following a plant-based diet had a significantly ($p = 0.002$) lower BMI than those in the high-demand and low-demand groups ($p = 0.046$) or those following an animal-based diet ($p < 0.001$); however, there were no differences in the BMI between the three groups.

3.7. Respondent Profiles and Appetite Traits

To analyse the relationship between the consumption of animal and plant products and appetite traits, a correlation analysis was performed using Spearman's non-parametric rho correlation test based on ranks (Table 8).

Table 8. Appetite traits and consumption of animal and plant products: Spearman's rho rank correlation coefficients ($N = 553$).

AEBQ	Animal Products	Plant Products
Hunger	0.108 *	0.012
Food responsiveness	0.115 **	0.009
Emotional overeating	0.079	−0.001
Enjoyment of food	0.074	0.072
Satiety responsiveness	0.044	0.043
Emotional undereating	−0.001	0.023
Food fussiness	−0.022	−0.210 **
Slowness in eating	−0.048	0.204 **
Food approach	0.117 **	0.013
Food avoidance	−0.012	0.010

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

The findings suggest that as the consumption of animal products increased, the subjects' food approach, hunger, and food responsiveness exhibited slight increases. Conversely, slowness in eating was observed to increase slightly with an increased intake of plant products, while food fussiness was found to decrease.

To test the hypothesis that adults with a high intake of animal products have higher scores for the traits of food approach (FR, EOE, and EF) and lower scores for the trait of food avoidance (SR, EUE, and SE), an inverse relationship was expected for the more plant-based eaters. To this end, a series of intergroup comparisons were conducted using the Kruskal–Wallis H rank-sum test. Two significant differences were identified, namely for the indexes of food fussiness ($H(3) = 18.30$; $p < 0.001$; $\epsilon^2 = 0.03$) and slowness in eating ($H(3) = 16.51$; $p = 0.001$; $\epsilon^2 = 0.03$). Nevertheless, in both instances, the effect size was found to be exceedingly modest.

The post hoc tests, calculated using the Bonferroni–Dunn method, demonstrated that the individuals with a high intake of plant-based products exhibited a significantly ($p = 0.001$) lower level of food fussiness compared to those with a low intake of plant-based products or those following an animal-based diet ($p = 0.017$). Additionally, the plant-based diet group demonstrated a reduced level of food fussiness ($p = 0.049$) in comparison to the low-intake group. In other words, the group with a low intake of plant products or the animal-based diet group exhibited a higher level of food fussiness than the group with a high intake of plant products or the plant-based diet group.

The group with low intake exhibited a significantly ($p = 0.049$) reduced incidence of 'slowness in eating' compared to those with a high intake and who followed a plant-based diet ($p = 0.006$). A similar observation was made in the case of the animal diet group

($p = 0.013$). In conclusion, the individuals with a high intake of plant products or a plant-based diet consumed their meals at a slower pace than those with a low intake of plant products or an animal-based diet. No other intergroup differences were identified. The hypothesis was not fully corroborated. Please refer to Table 9 for a comprehensive overview of all the data.

Table 9. Respondent profiles and appetite traits.

AEBQ		I: High-Intake Group (n = 203)		II: Low-Intake Group (n = 87)		III: Plant-Based Diet (n = 127)		IV: Animal-Based Diet (n = 136)		H(3)	p	ϵ^2	Post Hoc
		Mdn	Mrang	Mdn	Mrang	Mdn	Mrang	Mdn	Mrang				
A	Hunger	2.80	283.59	2.60	275.58	2.60	260.26	2.80	283.70	2.00	0.572	0.004	n.s.
B	Food responsiveness	2.75	284.17	2.75	274.19	2.75	264.91	2.75	279.38	1.21	0.751	0.002	n.s.
C	Emotional overeating	3.20	277.43	3.20	274.44	3.00	272.59	3.20	282.12	0.26	0.967	0.000	n.s.
D	Enjoyment of food	4.00	290.31	4.00	249.52	4.00	276.81	4.00	274.89	4.12	0.249	0.007	n.s.
E	Satiety responsiveness	2.25	280.49	2.00	261.31	2.25	272.77	2.25	285.78	1.46	0.693	0.003	n.s.
F	Emotional undereating	2.40	278.94	2.20	272.88	2.40	276.79	2.40	276.94	0.09	0.993	0.000	n.s.
G	Food fussiness	1.80	247.64	2.00	324.75	1.80	266.21	2.00	300.36	18.30	<0.001	0.033	G.I < G.II ** G.I < G.IV * G.III < G.II * H.II < H.II *
H	Slowness in eating	2.50	291.13	2.00	237.16	2.50	310.45	2.13	250.16	16.51	0.001	0.030	H.II < H.II ** H.IV < H.II *
I	Food approach	3.12	282.50	3.12	273.34	3.00	264.34	3.15	282.96	1.27	0.735	0.002	n.s.
J	Food avoidance	2.28	272.71	2.28	279.14	2.22	282.25	2.28	277.13	0.30	0.960	0.001	n.s.

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; Mdn: median; Mrang: mean range; H(3): Kruskal–Wallis test; p : p -value; ϵ^2 : measurement of the strength of the effect by the epsilon2 coefficient; n.s. not significant.

4. Discussion

This is the first study to quantify appetitive traits, as measured by the AEBQ questionnaire, in relation to the dietary intake of animal and plant products among adults, considering the BMI.

It aimed to determine whether appetitive traits correlate with the BMI, particularly if adults with obesity score higher on the ‘food approach’ traits (FR, EOE, and EF) and lower on the ‘food avoidance’ traits (SR, EUE, and SE), as observed by Hunot et al. [48]. Our results show that individuals with optimal BMI levels exhibit significantly lower levels of hunger and food responsiveness, while emotional overeating increases with a higher BMI. These observations are consistent with the psychological literature, which emphasizes the relationship between emotional overeating and weight gain. Eating can be used as a mechanism for coping with emotional tension and negative emotions (such as anger or anxiety), as well as a strategy for managing stress. Initially, such behaviours may lead to a subjective sense of relief and mood improvement; however, in the long term, individuals may fall into a vicious cycle of mood regulation through eating. Moreover, this behaviour can disrupt the physiological regulation of hunger, making it difficult to distinguish between physiological hunger and emotional hunger. Although numerous studies have highlighted the association between emotional eating and overweight/obesity, the underlying mechanisms of this relationship remain not fully understood and are difficult to definitively explain [50]. Our study suggests a potential complex interaction between appetite-related traits and the BMI index, warranting further investigation into the underlying mechanisms governing this association.

This research found a negative correlation between emotional undereating and BMI, with emotional undereating decreasing as BMI increases. The subjects with an optimal BMI had significantly lower food approach levels than those who were overweight or obese. For food avoidance, no difference was found between the underweight and optimal BMI

participants, but both had lower levels than the overweight or obese groups. No significant differences were observed in the enjoyment of food, satiety responsiveness, or food fussiness across the BMI subgroups. It is noteworthy that the hypothesis was not entirely substantiated, aligning with findings from similar studies conducted in Australia [40] and Poland [36], and by Hana F. Zickgraf and Andrea Rigby. Only two AEBQ scales, emotional overeating and slowness in eating, were found to be associated with a baseline BMI in obese adults [52]. The differences observed in our study may be attributed to the disparate group selection. The participants in our study demonstrated a proclivity for utilizing social media profiles and health websites to monitor and manage their health. Additionally, there is also a possibility that the participants were cognizant of the correlation between dietary habits and body weight, which may have prompted some individuals to respond to the administered questionnaires in a manner that was perceived as socially desirable [29]. This phenomenon, known as socially desirable response bias, occurs when study participants modify their answers to align with social norms, the expectations of the researchers, or their own perception of what is socially acceptable. Such data distortion presents a challenge in research, as it can lead to the overreporting or underreporting of behaviours, ultimately affecting the reliability of the obtained results. This issue is particularly relevant in studies on dietary habits, body weight, and lifestyle, where the social pressure and expectations regarding healthy living may prompt respondents to portray themselves in a more positive light than is actually the case.

The absence of a correlation between BMI and the enjoyment of food and food fussiness may be attributed to the presence of diverse emotional eating disorders among the participants. It should be emphasized that emotional eating is not a binary phenomenon, but should rather be understood as a continuum of symptom severity, from mild to very intense forms. It is also crucial to consider both the causes and the degree of intensity of these behaviours. Psychological research indicates that emotional eating is associated with the consumption of specific types of food, which may vary individually; for one person, it could be a chocolate bar, while for another, ice cream. However, our study did not include questions regarding the type of food consumed in the context of coping with emotions, which constitutes a limitation. Future studies should take this factor into account to better understand the relationship between emotional eating and food preferences. The survey did not sufficiently inquire about psychological or familial issues that might influence food enjoyment and food selectivity.

Furthermore, the tendency to be fussy about food is not exclusively associated with BMI [52]. This indicates that individuals with different BMI values may exhibit similar levels of pickiness regarding food choices, suggesting that food selectivity is more related to individual taste preferences and eating habits rather than to the BMI itself. This highlights the complexity of this phenomenon. To better understand the results obtained, it is worth referring to the research in the field of cognitive psychology, which emphasizes the role of beliefs and thought processes in shaping behaviour. In the context of eating behaviours, an individual's beliefs and thoughts may influence their pickiness through associations with prior experiences with specific food products, which in turn can shape their reactions and preferences toward certain types of food [53]. Satiety responsiveness may be contingent upon particular food selections or dietary patterns [54].

Moreover, the varying proportion of macronutrients in the respondents' diets, particularly the proportion of protein, may have influenced their feelings of satiety, which was not assessed in this study. It is similarly probable that the respondents may have exhibited disparate perceptions and interpretations of feelings of satiety. Satiety is a highly subjective process influenced by various biological and psychological factors. A key aspect is that each individual assesses their state of satiety based on their previous eating experiences,

which highlights individual differences in the perception of this state. From a scientific perspective, numerous mechanisms regulate satiety, including hormonal signals (e.g., leptin, ghrelin); neurotransmitters (e.g., dopamine); and sensory stimuli, such as taste, smell, and food texture. However, the final evaluation of satiety level often depends on subjective factors, such as expectations toward food, memories of previous meals, and emotional attitudes toward eating. Research shows that subjective evaluations of satiety can also be influenced by behavioural factors, such as portion size, the pace of eating, or the conditions under which a meal is consumed (e.g., the presence of others, distractions). As a result, individuals may respond differently to the same foods depending on the context. For example, the same meal may elicit different levels of satiety depending on whether it is consumed in a calm environment or a stressful situation. It is also important to note that individual interpretations of satiety are modulated by past experiences with specific foods; for instance, food that has previously been associated with a feeling of fullness may lead to a quicker attainment of satiety in the future [55,56].

It is also important to consider that adults may actively limit their energy intake to regulate their body weight, which may attenuate the impact of specific characteristics on their BMI. It would be beneficial for future research on the relationship between appetitive traits and BMI to consider these elements.

This investigation into the association between dietary habits and appetitive traits revealed a slight elevation in food approach, hunger, and food responsiveness levels among the individuals with a higher consumption of animal products.

This phenomenon may be ascribed to the heightened palatability of animal-based meals available on the market, which potentially stimulate appetite and increase food consumption more significantly than their plant-based counterparts [56]. Furthermore, our findings indicate a weak correlation between an increased consumption of plant products and slowness in eating. It is postulated that the prolonged slowness in eating may be attributed to the longer duration required for consuming plant products, and that the rate of eating is linked to the heightened energy intake and its potential impact on weight gain [57,58]. Additionally, while plant-based products are generally less processed, the market for plant-based products is rapidly evolving, with an increasing influx of highly processed offerings introduced by producers [24,25]. This factor could influence not only satiety but also the eating rate. Conversely, with the increased consumption of plant-based products, a decrease in selectivity regarding eating habits was observed. This shift may be attributed to individuals with PBDs being more open-minded, deriving heightened enjoyment from food, and consequently being more inclined to experiment with new culinary experiences [59]. The hypothesis that adults with a high intake of animal products exhibit higher scores on the 'food approach' traits (FR, EOE, and EF) and lower scores on the 'food avoidance' traits (SR, EUE, and SE) was not entirely substantiated. It was expected that individuals with a more plant-based diet would display the opposite pattern. The results demonstrate that individuals with a low consumption of plant-based products or an animal-based diet exhibited heightened food fussiness compared to those with a high intake of plant-based products or a plant-based diet. Additionally, it was observed that individuals with a high intake of plant-based products or a plant-based diet exhibited a slower eating pace than those with a low intake of plant-based products or an animal-based diet. First and foremost, plant-based diets are characterized by their high fibre content, which is found in large amounts in vegetables, fruits, legumes, and whole-grain products. Fibre not only requires longer chewing but also slows down the digestion process, making people who eat plants feel full for longer and eat more slowly. The scientific literature highlights that such foods require more effort to chew, which naturally affects the eating pace [60]. These observations align with the outcomes of the analysis of the relationship

between eating habits and appetitive traits. Nevertheless, further investigation is warranted to address these complexities.

It is imperative to acknowledge that this study has its limitations. The small sample size, especially for the underweight group, reduces the ability to detect significant differences in appetite traits, increasing the risk of overlooking potential effects. Future studies should aim for larger and more balanced sample sizes to improve the statistical power, enhance the robustness of the findings, and ensure more reliable comparisons across the BMI categories. This study's participants were not randomly selected; however, efforts were made to ensure sample diversity by disseminating information through various online channels. The completion of the questionnaires relied on voluntary participation, which may have introduced self-reporting bias, potentially resulting in an underestimation of the data and explaining the weak associations observed among the measured characteristics. This may have resulted in the introduction of sampling bias, as self-selection has the capacity to influence the results (e.g., individuals with a keen interest in health and diet may be over-represented) [61]. Furthermore, the data were obtained for the frequency of intake of individual products; however, accurate information on dietary nutrient intake was not collected, despite the known effect of dietary protein intake on satiety. Moreover, this study did not fully consider other lifestyle factors (e.g., physical activity levels, sleep patterns) that may influence BMI and appetite traits. It is therefore recommended that future research takes these factors into account. Additionally, the results may have been influenced by the specific population studied (Polish adults), and further research is required to generalise these results to other populations (e.g., different age groups or countries). Furthermore, our proposed classification of the participants into four groups is both intriguing and consistent with current definitions of plant-based diets. However, the unequal distribution of the participants between the groups may have had an impact on the data analysis. Moreover, the cross-sectional design of this study precludes the possibility of causal conclusions. It is recommended that studies, such as longitudinal studies or interventions, that could better explore the causal relationships between diet and appetite traits be conducted.

5. Conclusions

The findings of our study demonstrate a notable divergence in appetitive traits and body mass index between individuals adhering to plant-based diets and those who favour diets with a higher intake of animal products. The individuals following a plant-based diet exhibited lower BMI values, a greater tendency for slower eating, and lower food fussiness. These findings may be related to the higher fibre content and lower caloric density of plant-based foods. Plant-based diets, by promoting satiety, improving gut health, reducing reward-driven eating, stabilizing hunger hormones, and fostering mindful eating, can support appetite traits conducive to weight control. These mechanisms suggest that plant-based dietary patterns may be beneficial for long-term weight management and obesity prevention. In contrast, a diet high in animal products was found to correlate with a higher BMI and elevated scores for the “food approach” traits, such as food responsiveness and emotional overeating. These findings suggest that plant-based diets may positively influence appetite traits conducive to weight control. Plant-based diets can be a powerful tool in lifestyle medicine, addressing both disease prevention and overall well-being. Its role in reducing chronic disease risk, supporting mental health, and promoting sustainable nutrition makes it a cornerstone of holistic, evidence-based healthcare interventions [62]. However, the lack of a detailed analysis of the macronutrient intake in our study indicates the need for further research to better understand individual differences in dietary habits and their impact on appetite traits and body weight.

Author Contributions: Conceptualization, K.W.; Methodology, K.W.; Formal Analysis, K.W. and K.M.O.; Investigation, K.W. and K.M.O.; Resources, K.W. and K.M.O.; Data Curation, K.W. and K.M.O.; Writing—Original Draft Preparation, K.W., K.M.O. and M.J.; Writing—Review and Editing, M.J.; Supervision, A.N.-O. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: This study was performed in line with the principles of the Declaration of Helsinki. This study was submitted to the Local Bioethics Committee of Warsaw Medical University for review and certification. The committee certified that this study complied with the principles of research ethics (AKBE/220/2024, date on 9 September 2024). All the subjects were informed about the purpose and content of this study, and all provided written informed consent.

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

Data Availability Statement: The data that support the findings of this study are available from the corresponding author [K.W.] upon request.

Acknowledgments: We would like to express our gratitude to all those who assisted in disseminating information about this study, in particular, Anna Jeznach-Steinhagen, Alicja Baska, and Damian Parol.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of this study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

MDPI	Multidisciplinary Digital Publishing Institute
DOAJ	Directory of open access journals
TLA	Three-letter acronym
LD	Linear dichroism

References

1. Kamiński, M.; Skonieczna-Żydecka, K.; Nowak, J.K.; Stachowska, E. Global and Local Diet Popularity Rankings, Their Secular Trends, and Seasonal Variation in Google Trends Data. *Nutrition* **2020**, *79–80*, 110759. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Sullivan, V.K.; Martínez-Steele, E.; Garcia-Larsen, V.; Rebholz, C.M. Trends in Plant-Based Diets among the United States Adults, 1999–March 2020. *J. Nutr.* **2024**, *154*, 3575–3584. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Willett, W.; Rockström, J.; Loken, B.; Springmann, M.; Lang, T.; Vermeulen, S.; Garnett, T.; Tilman, D.; DeClerck, F.; Wood, A.; et al. Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems. *Lancet* **2019**, *393*, 447–492. [\[CrossRef\]](#)
4. Dybvik, J.S.; Svendsen, M.; Aune, D. Vegetarian and Vegan Diets and the Risk of Cardiovascular Disease, Ischemic Heart Disease and Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Eur. J. Nutr.* **2023**, *62*, 51–69. [\[CrossRef\]](#)
5. Wang, T.; Kroeger, C.M.; Cassidy, S.; Mitra, S.; Ribeiro, R.V.; Jose, S.; Masedunskas, A.; Senior, A.M.; Fontana, L. Vegetarian Dietary Patterns and Cardiometabolic Risk in People With or at High Risk of Cardiovascular Disease. *JAMA Netw. Open* **2023**, *6*, e2325658. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
6. Quek, J.; Lim, G.; Lim, W.H.; Ng, C.H.; So, W.Z.; Toh, J.; Pan, X.H.; Chin, Y.H.; Muthiah, M.D.; Chan, S.P.; et al. The Association of Plant-Based Diet With Cardiovascular Disease and Mortality: A Meta-Analysis and Systematic Review of Prospect Cohort Studies. *Front. Cardiovasc. Med.* **2021**, *8*, 756810. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
7. Huang, R.Y.; Huang, C.C.; Hu, F.B.; Chavarro, J.E. Vegetarian Diets and Weight Reduction: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J. Gen. Intern. Med.* **2016**, *31*, 109–116. [\[CrossRef\]](#)
8. Melgar, B.; Diaz-Arocutipa, C.; Huerta-Rengifo, C.; Piscoya, A.; Barboza, J.J.; Hernandez, A.V. Vegetarian Diets on Anthropometric, Metabolic and Blood Pressure Outcomes in People with Overweight and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int. J. Obes.* **2023**, *47*, 903–910. [\[CrossRef\]](#)

9. Barnard, N.D.; Levin, S.M.; Yokoyama, Y. A Systematic Review and Meta-Analysis of Changes in Body Weight in Clinical Trials of Vegetarian Diets. *J. Acad. Nutr. Diet.* **2015**, *115*, 954–969. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
10. Filippin, D.; Sarni, A.R.; Rizzo, G.; Baroni, L. Environmental Impact of Two Plant-Based, Isocaloric and Isoproteic Diets: The Vegan Diet vs. the Mediterranean Diet. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 3797. [\[CrossRef\]](#)
11. Rabès, A.; Seconda, L.; Langevin, B.; Allès, B.; Touvier, M.; Hercberg, S.; Lairon, D.; Baudry, J.; Pointereau, P.; Kesse-Guyot, E. Greenhouse Gas Emissions, Energy Demand and Land Use Associated with Omnivorous, Pesco-Vegetarian, Vegetarian, and Vegan Diets Accounting for Farming Practices. *Sustain. Prod. Consum.* **2020**, *22*, 138–146. [\[CrossRef\]](#)
12. Hargreaves, S.M.; Rosenfeld, D.L.; Moreira, A.V.B.; Zandonadi, R.P. Plant-Based and Vegetarian Diets: An Overview and Definition of These Dietary Patterns. *Eur. J. Nutr.* **2023**, *62*, 1109–1121. [\[CrossRef\]](#)
13. Kent, G.; Kehoe, L.; Flynn, A.; Walton, J. Plant-Based Diets: A Review of the Definitions and Nutritional Role in the Adult Diet. In Proceedings of the Nutrition Society, Cork, Ireland, 15–17 June 2022; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2022; Volume 81, pp. 62–74.
14. Storz, M.A. What Makes a Plant-Based Diet? A Review of Current Concepts and Proposal for a Standardized Plant-Based Dietary Intervention Checklist. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2022**, *76*, 789–800. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Li, H.; Zeng, X.; Wang, Y.; Zhang, Z.; Zhu, Y.; Li, X.; Hu, A.; Zhao, Q.; Yang, W.A. Prospective Study of Healthful and Unhealthful Plant-Based Diet and Risk of Overall and Cause-Specific Mortality. *Eur. J. Nutr.* **2022**, *61*, 387–398. [\[CrossRef\]](#)
16. Wang, X.J.; Voortman, T.; de Crom, T.O.E.; Tilly, M.; Kavousi, M.; Ikram, M.K.; Steur, M. Healthy and Unhealthy Plant-Based Diets and the Risk of Cardiovascular Diseases: The Rotterdam Study and Updated Meta-Analysis. *Prog. Cardiovasc. Dis.* **2024**, *87*, 8–15. [\[CrossRef\]](#)
17. Sandri, E.; Sguanci, M.; Cantín Larumbe, E.; Cerdá Olmedo, G.; Werner, L.U.; Piredda, M.; Mancin, S. Plant-Based Diets versus the Mediterranean Dietary Pattern and Their Socio-Demographic Determinants in the Spanish Population: Influence on Health and Lifestyle Habits. *Nutrients* **2024**, *16*, 1278. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
18. Qian, F.; Liu, G.; Hu, F.B.; Bhupathiraju, S.N.; Sun, Q. Association Between Plant-Based Dietary Patterns and Risk of Type 2 Diabetes. *JAMA Intern. Med.* **2019**, *179*, 1335–1344. [\[CrossRef\]](#)
19. Koch, C.A.; Kjeldsen, E.W.; Frikke-Schmidt, R. Vegetarian or Vegan Diets and Blood Lipids: A Meta-Analysis of Randomized Trials. *Eur. Heart J.* **2023**, *44*, 2609–2622. [\[CrossRef\]](#)
20. Yokoyama, Y.; Levin, S.M.; Barnard, N.D. Association between Plant-Based Diets and Plasma Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutr. Rev.* **2017**, *75*, 683–698. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
21. Wang, F.; Zheng, J.; Yang, B.; Jiang, J.; Fu, Y.; Li, D. Effects of Vegetarian Diets on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J. Am. Heart Assoc.* **2015**, *4*, e002408. [\[CrossRef\]](#)
22. Gibbs, J.; Gaskin, E.; Ji, C.; Miller, M.A.; Cappuccio, F.P. The Effect of Plant-Based Dietary Patterns on Blood Pressure: A Systematic Review Andmeta-Analysis of Controlled Intervention Trials. *J. Hypertens.* **2021**, *39*, 23–37. [\[CrossRef\]](#)
23. Wang, Y.; Liu, B.; Han, H.; Hu, Y.; Zhu, L.; Rimm, E.B.; Hu, F.B.; Sun, Q. Associations between Plant-Based Dietary Patterns and Risks of Type 2 Diabetes, Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutr. J.* **2023**, *22*, 46. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
24. Andreani, G.; Sogari, G.; Marti, A.; Frolidi, F.; Dagevos, H.; Martini, D. Plant-Based Meat Alternatives: Technological, Nutritional, Environmental, Market, and Social Challenges and Opportunities. *Nutrients* **2023**, *15*, 452. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Aschemann-Witzel, J.; Gantriis, R.F.; Fraga, P.; Perez-Cueto, F.J.A. Plant-Based Food and Protein Trend from a Business Perspective: Markets, Consumers, and the Challenges and Opportunities in the Future. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2021**, *61*, 3119–3128. [\[CrossRef\]](#)
26. Gehring, J.; Touvier, M.; Baudry, J.; Julia, C.; Buscail, C.; Srouf, B.; Hercberg, S.; Péneau, S.; Kesse-Guyot, E.; Allès, B. Consumption of Ultra-Processed Foods by Pesco-Vegetarians, Vegetarians, and Vegans: Associations with Duration and Age at Diet Initiation. *J. Nutr.* **2021**, *151*, 120–131. [\[CrossRef\]](#)
27. Macdiarmid, J.I. The Food System and Climate Change: Are Plant-Based Diets Becoming Unhealthy and Less Environmentally Sustainable? *Proc. Nutr. Soc.* **2022**, *81*, 162–167. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
28. Kontinen, H.; Llewellyn, C.; Wardle, J.; Silventoinen, K.; Joensuu, A.; Männistö, S.; Salomaa, V.; Jousilahti, P.; Kaprio, J.; Perola, M.; et al. Appetitive Traits as Behavioural Pathways in Genetic Susceptibility to Obesity: A Population-Based Cross-Sectional Study. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 14726. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
29. Carnell, S.; Benson, L.; Pryor, K.; Driggin, E. Appetitive Traits from Infancy to Adolescence: Using Behavioral and Neural Measures to Investigate Obesity Risk. *Physiol. Behav.* **2013**, *121*, 79–88. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
30. Stunkard, A.J.; Messick, S. The Three-Factor Eating Questionnaire to Measure Dietary Restraint, Disinhibition and Hunger. *J. Psychosom. Res.* **1985**, *29*, 71–83. [\[CrossRef\]](#)
31. van Strien, T.; Frijters, J.E.R.; Bergers, G.P.A.; Defares, P.B. The Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) for Assessment of Restrained, Emotional, and External Eating Behavior. *Int. J. Eat. Disord.* **1986**, *5*, 295–315. [\[CrossRef\]](#)
32. Wardle, J.; Guthrie, C.A.; Sanderson, S.; Rapoport, L. Development of the Children's Eating Behaviour Questionnaire. *J. Child Psychol. Psychiatry* **2001**, *42*, 963–970. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

33. Hunot-Alexander, C.; Arellano-Gómez, L.P.; Smith, A.D.; Kaufer-Horwitz, M.; Vázquez-Garibay, E.M.; Romero-Velarde, E.; Fildes, A.; Croker, H.; Llewellyn, C.H.; Beeken, R.J. Examining the Validity and Consistency of the Adult Eating Behaviour Questionnaire-Español (AEBQ-Esp) and Its Relationship to BMI in a Mexican Population. *Eat. Weight Disord. Stud. Anorex. Bulim. Obes.* **2022**, *27*, 651–663. [\[CrossRef\]](#)
34. Bober, J.; Wiśniewska, K.; Okręglicka, K. Eating Behaviours of Polish and Portuguese Adults—Cross-Sectional Surveys. *Nutrients* **2023**, *15*, 1934. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
35. Gritti, E.S.; Cionti, L.; Cortesi, F.; Torelli, A.; Gambarini, A.; Hunot-Alexander, C.; Ogliari, A.L. Validation of the Adult Eating Behavior Questionnaire in an Italian Community Sample. *Nutrients* **2024**, *16*, 829. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
36. Guzek, D.; Skolmowska, D.; Głabska, D. Appetitive Traits in a Population-Based Study of Polish Adolescents within the PLACE-19 Study: Validation of the Adult Eating Behavior Questionnaire. *Nutrients* **2020**, *12*, 3889. [\[CrossRef\]](#)
37. Cohen, T.R.; Kakinami, L.; Plourde, H.; Hunot-Alexander, C.; Beeken, R.J. Concurrent Validity of the Adult Eating Behavior Questionnaire in a Canadian Sample. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 779041. [\[CrossRef\]](#)
38. He, J.; Sun, S.; Zickgraf, H.F.; Ellis, J.M.; Fan, X. Assessing Appetitive Traits Among Chinese Young Adults Using the Adult Eating Behavior Questionnaire: Factor Structure, Gender Invariance and Latent Mean Differences, and Associations with BMI. *Assessment* **2021**, *28*, 877–889. [\[CrossRef\]](#)
39. Warkentin, S.; Costa, A.; Oliveira, A. Validity of the Adult Eating Behavior Questionnaire and Its Relationship with Parent-Reported Eating Behaviors among Adolescents in Portugal. *Nutrients* **2022**, *14*, 1301. [\[CrossRef\]](#)
40. Mallan, K.M.; Fildes, A.; de la Piedad García, X.; Drzeżdżon, J.; Sampson, M.; Llewellyn, C. Appetitive Traits Associated with Higher and Lower Body Mass Index: Evaluating the Validity of the Adult Eating Behaviour Questionnaire in an Australian Sample. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 130. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
41. Ferguson, J.J.; Oldmeadow, C.; Mishra, G.D.; Garg, M.L. Plant-Based Dietary Patterns Are Associated with Lower Body Weight, BMI and Waist Circumference in Older Australian Women. *Public Health Nutr.* **2022**, *25*, 18–31. [\[CrossRef\]](#)
42. Tran, E.; Dale, H.F.; Jensen, C.; Lied, G.A. Effects of Plant-Based Diets on Weight Status: A Systematic Review. *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* **2020**, *13*, 3433–3448. [\[CrossRef\]](#)
43. Zhao, H.; Song, A.; Zheng, C.; Wang, M.; Song, G. Effects of Plant Protein and Animal Protein on Lipid Profile, Body Weight and Body Mass Index on Patients with Hypercholesterolemia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acta Diabetol.* **2020**, *57*, 1169–1180. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
44. Kahleova, H.; Rembert, E.; Alwarith, J.; Yonas, W.N.; Tura, A.; Holubkov, R.; Agnello, M.; Chutkan, R.; Barnard, N.D. Effects of a Low-Fat Vegan Diet on Gut Microbiota in Overweight Individuals and Relationships with Body Weight, Body Composition, and Insulin Sensitivity. A Randomized Clinical Trial. *Nutrients* **2020**, *12*, 2917. [\[CrossRef\]](#)
45. Hemler, E.C.; Hu, F.B. Plant-Based Diets for Personal, Population, and Planetary Health. *Adv. Nutr.* **2019**, *10*, S275–S283. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
46. Najjar, R.S.; Feresin, R.G. Plant-Based Diets in the Reduction of Body Fat: Physiological Effects and Biochemical Insights. *Nutrients* **2019**, *11*, 2712. [\[CrossRef\]](#)
47. Lachat, C.; Hawwash, D.; Ocké, M.C.; Berg, C.; Forsum, E.; Hörnell, A.; Larsson, C.; Sonestedt, E.; Wirfält, E.; Åkesson, A.; et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology—Nutritional Epidemiology (STROBE-Nut): An Extension of the STROBE Statement. *PLoS Med.* **2016**, *13*, e1002036. [\[CrossRef\]](#)
48. Hunot, C.; Fildes, A.; Croker, H.; Llewellyn, C.H.; Wardle, J.; Beeken, R.J. Appetitive Traits and Relationships with BMI in Adults: Development of the Adult Eating Behaviour Questionnaire. *Appetite* **2016**, *105*, 356–363. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
49. Kowalkowska, J.; Wadolowska, L.; Czarnocinska, J.; Czlapka-Matyasik, M.; Galinski, G.; Jezewska-Zychowicz, M.; Bronkowska, M.; Dlugosz, A.; Loboda, D.; Wyka, J. Reproducibility of a Questionnaire for Dietary Habits, Lifestyle and Nutrition Knowledge Assessment (KompAN) in Polish Adolescents and Adults. *Nutrients* **2018**, *10*, 1845. [\[CrossRef\]](#)
50. Field, A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*; SAGE Publications Ltd.: London, UK, 2018.
51. Schweigert, W.A. *Research Methods in Psychology: A Handbook*; Waveland Press: Long Grove, IL, USA, 2012.
52. Zickgraf, H.F.; Rigby, A. The Adult Eating Behaviour Questionnaire in a Bariatric Surgery-seeking Sample: Factor Structure, Convergent Validity, and Associations with BMI. *Eur. Eat. Disord. Rev.* **2019**, *27*, 97–104. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
53. Wehling, H.; Lusher, J.M. Cognitive and Emotional Influences on Eating Behaviour: A Qualitative Perspective. *Nutr. Metab. Insights* **2019**, *12*, 1178638819855936. [\[CrossRef\]](#)
54. de Carvalho, K.M.B.; Pizato, N.; Botelho, P.B.; Dutra, E.S.; Gonçalves, V.S.S. Dietary Protein and Appetite Sensations in Individuals with Overweight and Obesity: A Systematic Review. *Eur. J. Nutr.* **2020**, *59*, 2317–2332. [\[CrossRef\]](#)
55. Kral, T.V.E. Effects on Hunger and Satiety, Perceived Portion Size and Pleasantness of Taste of Varying the Portion Size of Foods: A Brief Review of Selected Studies. *Appetite* **2006**, *46*, 103–105. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
56. Wang, Y.; Tuccillo, F.; Lampi, A.; Knaapila, A.; Pulkkinen, M.; Kariluoto, S.; Coda, R.; Edelmann, M.; Jouppila, K.; Sandell, M.; et al. Flavor Challenges in Extruded Plant-based Meat Alternatives: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2022**, *21*, 2898–2929. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

57. Robinson, E.; Almiron-Roig, E.; Rutters, F.; de Graaf, C.; Forde, C.G.; Tudur Smith, C.; Nolan, S.J.; Jebb, S.A. A Systematic Review and Meta-Analysis Examining the Effect of Eating Rate on Energy Intake and Hunger. *Am. J. Clin. Nutr.* **2014**, *100*, 123–151. [\[CrossRef\]](#)
58. Ohkuma, T.; Hirakawa, Y.; Nakamura, U.; Kiyohara, Y.; Kitazono, T.; Ninomiya, T. Association between Eating Rate and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Obes.* **2015**, *39*, 1589–1596. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
59. Reist, M.E.; Bleidorn, W.; Milfont, T.L.; Hopwood, C.J. Meta-Analysis of Personality Trait Differences between Omnivores, Vegetarians, and Vegans. *Appetite* **2023**, *191*, 107085. [\[CrossRef\]](#)
60. Clark, M.J.; Slavin, J.L. The Effect of Fiber on Satiety and Food Intake: A Systematic Review. *J. Am. Coll. Nutr.* **2013**, *32*, 200–211. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
61. Gorber, S.C.; Tremblay, M.; Moher, D.; Gorber, B. A Comparison of Direct vs. Self-report Measures for Assessing Height, Weight and Body Mass Index: A Systematic Review. *Obes. Rev.* **2007**, *8*, 307–326. [\[CrossRef\]](#)
62. Cangelosi, G.; Grappasonni, I.; Nguyen, C.T.T.; Acito, M.; Pantanetti, P.; Benni, A.; Petrelli, F. Mediterranean Diet (MedDiet) and Lifestyle Medicine (LM) for Support and Care of Patients with Type II Diabetes in the COVID-19 Era: A Cross-Observational Study. *Acta Biomed. Atenei Parm.* **2023**, *94*, e2023189. [\[CrossRef\]](#)

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.

4.3. Publikacja nr 3

Wiśniewska K, Okręglicka KM, Paskudzka M, Jagielska AM, Bober J, Oczkowski M, Ciepiela O, Nitsch-Osuch A. The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial. *Front Nutr.* 2025 Nov 18;12:1677496. doi: 10.3389/fnut.2025.1677496. PMID: 41340660; PMCID: PMC12668910



OPEN ACCESS

EDITED BY
Alexey Vladimirovich Galchenko,
Melodia Vitae, Fiji

REVIEWED BY
Andrea Glenn,
Harvard University, United States
Rajesh Ranjit,
Peoples' Friendship University of Russia, Russia

*CORRESPONDENCE
Klaudia Wiśniewska
✉ klaudia.wisniewska@wum.edu.pl

RECEIVED 31 July 2025
ACCEPTED 28 October 2025
PUBLISHED 18 November 2025

CITATION
Wiśniewska K, Okręglicka KM, Paskudzka M,
Jagielska AM, Bober J, Oczkowski M,
Ciepiela O and Nitsch-Osuch A (2025) The
VEGPREV study: effectiveness of four
plant-based diets on weight loss, metabolic
syndrome components and appetitive traits in
overweight and obese individuals: a
randomized controlled trial.
Front. Nutr. 12:1677496.
doi: 10.3389/fnut.2025.1677496

COPYRIGHT
© 2025 Wiśniewska, Okręglicka, Paskudzka,
Jagielska, Bober, Oczkowski, Ciepiela and
Nitsch-Osuch. This is an open-access article
distributed under the terms of the [Creative
Commons Attribution License \(CC BY\)](#). The
use, distribution or reproduction in other
forums is permitted, provided the original
author(s) and the copyright owner(s) are
credited and that the original publication in
this journal is cited, in accordance with
accepted academic practice. No use,
distribution or reproduction is permitted
which does not comply with these terms.

The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial

Klaudia Wiśniewska^{1,2*}, Katarzyna Małgorzata Okręglicka¹,
Monika Paskudzka^{3,4}, Anna Maja Jagielska¹, Julia Bober^{5,6},
Michał Oczkowski⁷, Olga Ciepiela^{3,4} and Aneta Nitsch-Osuch¹

¹Department of Social Medicine and Public Health, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland, ²Doctoral School, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland, ³Central Laboratory, University Clinical Centre, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland, ⁴Department of Laboratory Medicine, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland, ⁵Department of Nutrition and Epidemiology, Medical University of Lodz, Lodz, Poland, ⁶International Doctoral School, Medical University of Lodz, Lodz, Poland, ⁷Department of Dietetics, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences (WULS-SGGW), Warsaw, Poland

Background: Obesity and its associated metabolic disturbances remain a growing public health concern, highlighting the need for effective and sustainable dietary strategies. This randomized controlled trial aimed to compare the effects of four plant-based dietary patterns: vegan (VG), lacto-ovo-vegetarian (LOV), Mediterranean (MD), and the EAT-Lancet Planetary Health Diet (EAT) with a control diet based on WHO recommendations (CTRL) in reducing body weight and improving selected metabolic and behavioral parameters in overweight and obese adults.

Methods: A total of 90 participants (aged 18–64) were methodically assigned to one of five distinct dietary groups for a period of 12 weeks. The primary outcome measured was the change in body weight. Secondary outcomes encompassed body composition, waist circumference, energy and macronutrient intake, fasting plasma glucose and insulin levels, arterial blood pressure, plasma lipid profile, appetitive traits, physical activity, and quality of life. A total of 85 subjects completed the intervention.

Results: All plant-based diets resulted in a reduction of body weight, waist circumference, fat mass, and energy intake in comparison to the control group. The most pronounced body weight reductions were observed after 12 weeks in the VG group (–6.7%) and the EAT group (–5.6%) ($p < 0.001$). A significant decrease in fat mass was observed across all intervention groups ($p < 0.01$). The investigation revealed no substantial between-group disparities in fasting plasma glucose, insulin, HOMA-IR, lipid levels, blood pressure or appetitive traits. No serious adverse events were observed.

Conclusion: Among plant-based dietary patterns differing in animal product content, the EAT and VG diets demonstrated the most pronounced effects on weight and body composition. These findings provide support for the notion that structured, plant-based dietary interventions can be effective strategies for managing body weight.

KEYWORDS

plant-based diets, weight loss, metabolic syndrome, obesity, appetitive traits, dietary intervention

1 Introduction

Obesity and related metabolic disorders have become a major public health challenge worldwide. The findings reported by the GBD 2021 Adult BMI Collaborators show that over 45% of the global adult population, including 1 billion males and 1.1 billion females, are affected by overweight or obesity (1). By 2035, these numbers are projected to rise to 3.3 billion, representing 54% of the adult population (2).

Obesity is characterized by an excessive accumulation of adipose tissue and is closely associated with hypertension (3), impaired carbohydrate (4) and lipid metabolism (5, 6). These issues have been linked to metabolic syndrome (MetS), which has been shown to contribute to the development of cardiovascular disease (CVD) and type 2 diabetes mellitus (T2DM) (7, 8). Consequently, a significant body of current research is focused on the development of optimal and effective treatments for obesity, as well as its potential complications (9).

Despite the pharmacological methods for obesity treatment, behavioral interventions, including dietary modification, continue to be regarded as both efficacious and the preferred treatment option (10–12). A notable solution for weight reduction that has garnered considerable interest is the adoption of plant-based diets (13–15). These diets are distinguished by their beneficial effects on individual components of the metabolic syndrome (16, 17). Additionally, they are gaining popularity among patients, largely due to their growing emphasis on environmental and ethical considerations, as evidenced by their inclusion in expert recommendations (18–20). The health benefits of various types of plant-based diets, such as vegan, lacto-ovo-vegetarian, or flexitarian, which involve the reduction or elimination of animal-based products, are of great interest (21–23). Nevertheless, there is a paucity of scientific evidence comparing the effectiveness of this type of intervention. Most of the available data comes from epidemiological studies. The health benefits of plant-based diets (PBDs) are primarily attributed to reduced calorie intake, although modifying some macronutrients, such as replacing animal-derived protein with plant-based protein, may also offer significant advantages in managing obesity and its related complications (24, 25). The relevance of understanding the links between PBDs and specific appetitive traits is also indicated, which may be crucial in the context of efforts to prevent the overweight and obesity epidemic. This assertion is supported by the findings of prior studies, which demonstrate a correlation between appetitive traits and body weight (26–28). On the other hand, research has shown that adopting PBDs, especially those with multiple restrictions like

a vegan diet, can lead to various challenges (29). There is a need to identify a suitable dietary model that can effectively reduce body weight, optimize metabolic parameters, be environmentally sustainable, and be acceptable to patients. Therefore, it is reasonable to verify the efficacy of different types of plant-based diets in terms of weight reduction and improving the components of metabolic syndrome in individuals, compared to dietary patterns recommended by the World Health Organization.

In this study, a 12-week randomized controlled trial was conducted to compare the weight loss effects of plant-based diets: Vegan (VG), Lacto-ovo-vegetarian (LOV), EAT-Lancet Planetary Health Diet (EAT) and Mediterranean diets (MD) with traditional (CTRL – control) diet following the WHO recommendations. The study also aimed to determine which of the dietary models examined was most effective in improving metabolic risk factors in overweight individuals. The dietary patterns examined in this trial represented a spectrum of plant-based eating models differing in their inclusion of animal products. The Mediterranean diet is characterized by a high consumption of fruits, vegetables, whole grains, legumes, nuts, and olive oil, with moderate intake of fish and dairy products (30, 31). The EAT-Lancet Planetary Health Diet advocates a flexitarian approach, characterized by the consumption of predominantly plant-derived foods and limited amounts of animal products (18, 20). The lacto-ovo-vegetarian diet excludes meat, poultry, and fish but permits the consumption of eggs and dairy products. The vegan diet is entirely plant-based, eliminating all animal and animal-derived foods (32–34). The control diet was based on World Health Organization recommendations, emphasizing the daily consumption of fruit, vegetables, whole grains, and low-fat dairy products. Participants in this variant could also consume meat, fish, seafood, dairy products, and eggs (35). The application of this gradation of dietary models permitted the comparison of divergent levels of plant-based eating and their potential effects on body weight and metabolic outcomes.

The hypothesis of this study was that adopting PBDs would be associated with a significant reduction in body weight in obese subjects compared to the CTRL group, with the most pronounced effect observed in individuals from the VG group. It was further assumed that patients from the VG group would experience the greatest improvements in body composition, carbohydrate metabolism parameters (fasting plasma glucose and insulin concentration, HOMA-IR index), arterial blood pressure, lipid parameters, overall health status, and appetitive traits.

As part of this intervention, a comprehensive range of assessments was conducted to capture the multidimensional effects of dietary modification. The evaluations encompassed a range of

domains, including biochemical, anthropometric, and behavioral aspects, along with sociodemographic and lifestyle factors. Standardized and validated tools were employed throughout the study to ensure data reliability. In addition to the present analysis, which focuses on anthropometric and metabolic outcomes, several other components of the VEGPREV project, such as inflammatory and cardiovascular biomarkers, liver health parameters, and psychosocial outcomes, are currently under development and will be presented in separate thematic publications.

The findings from this 12-week study are expected to support the refinement of dietary programs for individuals with obesity and metabolic disorders, and to inform the development of practical tools that enhance the effectiveness of weight-management strategies (29–32, 36).

The results of this 12-week study are expected to support the refinement of dietary programmes for individuals with obesity and metabolic disorders, and to inform the development of practical tools that enhance the effectiveness of weight-management strategies.

2 Materials and methods

2.1 Study design, participants and recruitment

A randomized, controlled trial (RCT) was conducted over a 12-week period, during which participants were randomly allocated in a 1:1:1:1:1 ratio to one of five groups: (1) MD, (2) EAT, (3) LOV, (4) VG, and (5) CTRL with WHO dietary recommendations. The randomisation schedule was developed and managed by an independent member of the research team, and the allocation was made using a computer-generated randomisation schedule.

The primary outcome measure was the mean difference in incremental weight change of 1% between each of the five groups [based on (23, 43)].

The secondary endpoints of the study included changes in energy and macronutrient intake, body mass, body composition, waist circumference, fasting plasma glucose and insulin levels, changes in HOMA-IR, blood pressure, blood lipid serum concentrations, and changes in appetitive traits, physical activity level, and quality of life indices.

The study was conducted in the Department of Social Medicine and Public Health at the Medical University of Warsaw, Poland, approved by the Local Bioethics Committee at the Warsaw Medical University (KB/37/2023) and conducted in accordance with the 1975 Declaration of Helsinki (37). The study was also registered on [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) (NCT06886490).

The participants' recruitment was conducted electronically through social media and website advertisements. Participants were recruited using a continuous recruitment strategy from November 2023 to April 2024. The study population comprised 90 patients aged between 18 and 60 years. All participants were omnivorous prior to the study enrolment and were randomly assigned to one of the study groups. Each participant was required to provide written informed consent to participate in the study (38).

The inclusion criteria were as follows: (1) age: 18–64 years old; (2) ability to attend regular meetings with the study team; (3)

ability to give informed consent; (4) BMI >30 kg/m² or BMI 25–29.9 kg/m² with waist circumference in women ≥80 cm, in men ≥94 cm; (5) stable body weight, defined as a change of less than ±10% of the current body weight during the 6 months prior to the study.

The exclusion criteria comprised the following: (1) attempts to change dietary habits, including reduction of energy intake and elimination of meat and animal-based products in the past 6 months; (2) severe medical conditions, including diabetes mellitus, alcoholism, major and extensive surgeries, chronic kidney or liver disease, a history of myocardial infarction, unstable angina pectoris within the last 6 months, history of stroke within the last 6 months, or cancer within the last 5 years; (3) diagnosed insomnia; (4) eating disorders; (5) pregnancy or breastfeeding; (6) use of medications that cause significant weight loss or may affect metabolic parameters (e.g., GLP-1 receptor agonists, other anti-obesity agents, or antidiabetic drugs such as insulin, metformin, SGLT2 inhibitors, or DPP-4 inhibitors, as well as corticosteroids); (7) use of enteral or parenteral nutrition; (8) psychiatric conditions that prevent participation in the study or cooperation with the investigators; (9) lack of consent to participate in the study.

Participants were instructed to refrain from introducing any dietary supplements or discontinuing any existing supplements during the study. It is noteworthy that none of the participants used any dietary supplements other than vitamin B12, which was administered to all subjects in equal doses. Participants could be excluded from the study in the event of pregnancy, initiation or modification of pharmacological treatment affecting metabolism (e.g., antidiabetic, antidepressant, or corticosteroid therapy), or the development of any acute or chronic condition that could interfere with adherence to the nutritional protocol. Exclusion also applied in cases of declared non-compliance with the assigned dietary regimen or failure to attend mandatory study visits during which the required assessments were performed.

2.2 Assessments

2.2.1 Anthropometric measurements

A calibrated digital scale with a height meter (C315.60/150.OW-1, RADWAG) was used to record body weight (without shoes and heavy clothing) with an accuracy of 0.1 kg. The height was measured with an accuracy of 0.1 cm. Body mass index (BMI) was calculated as body weight (kg) divided by the square of height (m²). The waist circumference was measured by trained research staff and recorded to the nearest 0.1 cm using a flexible steel tape measure at a point midway between the iliac crest and the lower costal margin (lower rib) in accordance with standard protocols. Body composition was quantified by bioelectrical impedance analysis (BIA) using a body fat analyser (Maltron BioScan 920) with an operating frequency of 50 kHz at 800 μ A in the supine position. Tests were conducted at the outset of the study and at weeks 6 and 12.

2.2.2 Biochemical measurements

The venous blood samples were collected into serum tubes with gel separator and centrifuged at 3,000 rpm at 20 °C for 10 min

promptly after clot formation. Serum fasting glucose, insulin, and lipid profile were determined in the Central Laboratory, Central Clinical Hospital, University Clinical Center of the Medical University of Warsaw using the Cobas pro system (Roche Diagnostics). The LDL-cholesterol concentration was calculated using the Friedewald equation: $\text{LDL-C [mg/dL]} = \text{TC [mg/dL]} - \text{HDL-C [mg/dL]} - \text{TG [mg/dL]}/5$. For samples with triglycerides (TG) results exceeding 400 mg/dL, serum LDL-C was determined using the direct method. Non-HDL concentration was calculated as the difference between TC and LDL-cholesterol (mg/dL). The HOMA-IR index was calculated according to the equation: $(\text{serum fasting insulin concentration [IU/L]} \times \text{serum fasting glucose concentration [mg/dL]})/405$.

Blood samples were collected at the commencement of the study, at week 6, and at the conclusion of the study. Fasting blood samples were collected every time in the morning (07:00–10:00) after an overnight fast of at least 8 h. The plasma, serum, and whole blood fractions were collected and analyzed immediately or stored at -80°C until assayed.

2.2.3 Blood pressure measurement

Patients' arterial blood pressure was measured in the office using an automatic oscillometric sphygmomanometer, using a cuff size appropriate to the arm circumference and following a standard procedure (39). All measurements were taken on the left arm after a period of at least 8 h without food, smoking or physical activity, and the patient remained seated for 5 min before starting the BP measurement. The cuff was placed at heart height, and three measurements were taken 2 min apart. The mean of the BP measurements was recorded at each visit.

2.2.4 Dietary assessment and compliance

The participants were provided with comprehensive instructions regarding their dietary regimens. These dietary plans were discussed at each meeting with the dietitian and during weekly telephone consultations. The degree of compliance with the implementation of the recommendations and dietary patterns was evaluated through additional unannounced telephone calls, during which an interview was conducted to determine the subject's food and beverage consumption over the previous 24 h. On occasion, the subjects were also asked to submit photographic documentation of the meals they prepared. Furthermore, dietary intake was documented using a 24-h food record at the commencement of the study and at week 12. Prior to each of these assessments, participants received a relevant questionnaire and a set of written instructions from a participating dietitian on how to complete the log. Participants were asked to record all food and beverage intake using standard household utensils, such as measuring cups, spoons, and tablespoons. All food records were entered into the Diet 6.D computer program, which was designed for the purpose of planning and ongoing assessment of individual nutrition for the Polish population. The results of this assessment were then compared with the dietary standards for the Polish population, as defined in the Dietary Intake Standards for the Polish population (40).

TABLE 1 Analysis of potential risks in complying with the testing protocol.

Potential risks	Solution method
Resignation of participants from the study	A greater number of participants were recruited. Based on the literature review, we estimated a dropout rate of 30%.
Difficulties in implementing diet and nutrition recommendations	The materials for the patients were clear and concise. They have been tested in our previous study. The recipes were simple, using only commonly available and inexpensive products. Regardless of the type of diet.
Lack of motivation in following a diet	Based on the literature and our own long-term experience with obese patients, we have diversified the contact model with patients and intensified the contact frequencies (once a week video/call with an appropriately trained psychodietitian).
Worse wellbeing of patients during the diet	For patients who experienced changes in mood due to dietary changes, the research team made all efforts to ensure that the diet was well-balanced and properly composed. In addition, an internal medicine physician supervised the study.
The problem with compliance with the implementation of the recommendations and dietary patterns	Compliance with the implementation of the recommendations and dietary patterns were assessed through additional unannounced telephone calls in advance, during which an interview was conducted about the consumption of the last 24 h.
Effect of macronutrients on particular parameters	To minimize differences between groups and the potential impact of nutrients, the same assumptions were made for all dietary interventions.
Influence of other lifestyle elements on the analyzed parameter changes	Patients were advised not to make lifestyle changes, including physical activity, diet and use of stimulants outside the study design. In addition, questions about lifestyle changes were asked during check-up visits.
Omitting to consult and do examinations	Text messages with appointment reminders were sent.

Since the participants were informed about the type of diet they would follow, they were not blinded to their group assignment, nor were the other participants. To improve adherence to the dietary regimen at the beginning of the study, a thorough analysis was conducted to identify potential risks and strategies to mitigate them. All members of the research team then followed these established procedures, as detailed in Table 1.

2.2.5 Questionnaire-based assessment

The assessment of the appetitive traits in the study participants was carried out using the Adult Eating Behavior Questionnaire (AEBQ) (26). The AEBQ measures eight appetitive traits: hunger (H), food responsiveness (FR), emotional over-eating (EOE), enjoyment of food (EF), satiety responsiveness (SR), emotional under-eating (EUE), food fussiness (FF), and slowness in eating (SE). The participants completed the questionnaire at the beginning of the study and again at the end of the final week.

Quality of life was evaluated using the SF-36 questionnaire (41). This tool is dedicated to subjectively assessing an individual's health status and consists of 11 questions and 36 statements that cover eight areas of functioning: physical fitness; limitations

due to health problems; experience of pain; general health and wellbeing; energy level (vitality); social functioning; emotional state; and mental health. The quality of life index is calculated by summing the scores from each of the eight scales, providing a comprehensive assessment of overall health. In the Polish version of the questionnaire, a higher score indicates a lower quality of life, while a lower score indicates a higher quality of life. Participants completed the questionnaire at both the beginning and the end of the study.

During the study, participants were required to maintain their usual physical activity habits. They received detailed instructions to avoid any significant increases in physical activity and to refrain from introducing any additional exercise or training. It was essential for participants to report any changes in their physical activity to the research team. Physical activity data were collected using the International Physical Activity Questionnaire-Short Form (IPAQ-SF) (42). This questionnaire assessed physical activity over the past seven days and categorized it into four groups: (1) intense, (2) moderate, (3) walking, and (4) sedentary lifestyle. Additionally, the intensity, frequency, and duration of physical activity were evaluated. The data obtained from the IPAQ-SF was used to estimate the total amount of physical activity performed. This was achieved by weighting the reported minutes in each of the four categories of physical activity according to the estimated metabolic equivalent (MET) of energy expenditure. The total MET minutes *per week* were calculated by multiplying the MET duration (in minutes), frequency (in days), and intensity, then summing up the different categories of physical activity (vigorous, moderate, walking, and sedentary behavior). It was expected that participants would maintain their usual levels of physical activity throughout the intervention period. Physical activity levels were assessed at the beginning of the study and again at week 12.

2.3 Behavioral intervention

Patients enrolled in the 12-week study were allocated to a control group or one of the dietary intervention groups. They received dietary recommendations tailored to their assigned dietary patterns and were prescribed individualized meal plans. The primary dietary intervention focused on modifying the frequency and quantity of meat and meat-based product consumption, or their complete elimination, depending on the dietary model. Participant meetings with the dietitian were conducted mainly in person, with the option of remote follow-up sessions when necessary (hybrid format). The frequency of meetings remained consistent across all groups. To enhance motivation and support adherence to dietary recommendations, participants also received online consultations with a trained and experienced psychodietitian (Behavioral Nutrition Specialists). Patients were advised to refrain from making lifestyle modifications, including changes in physical activity, diet, and the use of stimulants, outside the parameters of the study design. The meetings were conducted according to a set schedule. During the dietary consultation, participants received dietary advice with a focus on practical aspects such as cooking, shopping, and reducing food waste. All necessary educational

materials were also provided. An outline of the dietetic program for participants is presented in Table 2.

To reduce discrepancies between groups and mitigate the potential effects of nutrients, consistent assumptions were applied across or dietary interventions. An energy deficit of 15% of total energy expenditure was assumed. General assumptions for the dietary plans are provided in Table 3. The vitamin and major and trace elements for each dietary plan was aligned with the recommended daily intake based on the nutrition norms for the Polish population (40).

Patients were provided with specially designed diet plans that followed the general guidelines established in the dietitian's menu-planning program, which was based on the latest food databases. A key distinguishing feature of these diet plans was the content of animal and plant proteins, which influenced the frequency of consumption of various products, including meat, fish and seafood, dairy products, eggs, and their products (Table 4). Each diet included detailed instructions for meal preparation and a shopping list. The diets were tailored to the season, and the recipes were based on readily available products. Additionally, to ensure consistency across all groups and to prevent the potential adverse effects of nutrient deficiency, all participants received the same vitamin B12 supplement, which contained 100 µg of methylcobalamin per day. The supplement was provided in a convenient, easy-to-swallow chewable form, which was particularly useful for participants who had difficulty swallowing capsules. The product was suitable for vegans and vegetarians.

2.4 Statistical analysis

The study was powered to detect a significant difference in weight loss over a 12-week intervention period among five dietary groups, with an expected linear trend in percent body weight reduction from the CTRL group, through the MD, EAT, LOV, to the VG. Following the methodology of Turner-McGrievy et al. (23) and Wright et al. (43), a mean incremental difference in percent body weight change of 1% was assumed successively between each of the five groups (corresponding to an effect size of 0.57). This 1% difference was used solely as a conservative statistical assumption for power calculation and was not intended to be a clinically meaningful threshold. Based on a pooled standard deviation (SD) of 2.5% and a significance level of $\alpha = 0.05$, the minimum required sample size was estimated to be 60 participants, providing at least 80% power for detecting between-group differences of at least 2.4% in body weight for linear contrasts. To compensate for a potential dropout rate of up to 30%, the recruitment target was increased to 90 participants (18 per group). This total sample size was estimated to provide over 99% power to detect a significant linear trend in weight loss across the five dietary groups. The assumed linear order of the dietary groups (CTRL → MD → EAT → LOV → VG) was determined *a priori*, reflecting the progressive reduction in animal-derived food consumption across the models. This approach followed the analytical framework of Turner-McGrievy et al. (23), who applied a similar continuum from omnivorous to fully vegan diets to test for linear trends in anthropometric outcomes.

TABLE 2 Outline of dietary programme for intervention participants.

Study week	Type of meeting	Description of the meeting	Received materials
1	Face to face meeting	Dietary advice on how to compose meals, regularity of meal consumption and meal planning (cooking, shopping, reducing food waste). Providing the necessary information on the implementation of the dietetic plan.	Dietary plan Characteristics of the diet implemented in the diet plan
2	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
3	Online meeting	Conduct a review of the implementation of the dietary plan. Supporting the patient and motivating them to continue with the dietary plan.	Summary of the meeting
4	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
5	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
6	Face to face meeting	Conducting verification of the implementation of the dietary plan. Supporting the patient and motivating them to continue implementing the dietary plan. Provide the necessary information regarding the implementation of the new dietary plan with the new recipes.	Dietary plan
7	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
8	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
9	Online meeting	Conducting verification of the implementation of the dietary plan. Supporting the patient and motivating them to continue with the dietary plan.	Summary of the meeting
10	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
11	Online meeting	Question about the implementation of the diet plan.	Individual guidance on the implementation of the dietary plan
12	Face to face meeting	Conducting verification of the implementation of the dietary plan.	Summary of the dietary programme.

TABLE 3 General design framework and nutritional assumptions for all dietary interventions.

Parameter	Assumptions
Energy	85% of total daily energy expenditure
Protein	15-20% of the dietary energy
Fat	30-35% of dietary energy
Carbohydrates	50-55% of dietary energy

Values represent planning assumptions used by the research team to design the diet plans.

All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) and Statistica 13.3 version (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA), depending on the type of analysis and data presentation. To assess the effect of diet type (MD, EAT, LOV, VG, and CTRL) over time (three measurements: baseline, at 6 weeks, and at 12 weeks) on body weight, waist circumference, body composition, lipid parameters, arterial blood pressure, carbohydrate metabolism (including serum fasting insulin and glucose levels and HOMA-IR index), appetite characteristics, level of physical activity, and quality of life, we performed a variance analysis with repeated measurement in a mixed scheme (5 groups $\times$ 3 measurements).

Before the main analysis, the assumption of sphericity of variance of covariance for intra-individual factors was verified using the Mauchly's test. In the cases where this test was not significant, and where only two measurement points were considered, the assumption of sphericity was adopted (44). If the Mauchly's test showed a significant violation of the sphericity assumption, the selection of the appropriate correction was based on the value of the ϵ coefficient (44). For the variables body weight, waist circumference, body fat percentage, LDL and HDL cholesterol levels, the Huynh-Feldt correction was used. For lean body mass and fasting insulin concentration, the Greenhouse-Geisser correction was employed. The differences between groups were analyzed by the Scheffe *post-hoc* test.

3 Results

3.1 Participant characteristics

Ninety volunteers who met the eligibility criteria participated in the study. The 85 participants completed the 12-week intervention (94.4%). The full recruitment strategy is shown in the flowchart (Figure 1). Of the five participants who discontinued, two withdrew due to personal scheduling constraints, two were lost to follow-up,

TABLE 4 Practical features of the dietary models: allowance of animal products, target protein ratio, daily core servings, fats, and exclusions.

Type of diet	Animal products: allowance (per week)	Target animal: plant protein ratio	Daily core servings*	Dairy/alternatives (daily)	Fats: main sources	Key exclusions/notes
CTRL	Red meat ≤3 servings (≤350 g cooked total); poultry 2–3; fish/seafood 1–2; eggs 3–7	≈80:20	Whole grains 4–6; legumes 1; vegetables 3–5; fruit 2–3; nuts/seeds 1	Dairy 1–3	Mixed oils, limit SFA; allow olive/rapeseed	Processed meat discouraged
MD	Red meat ≤1 small serving; poultry 1–2; fish/seafood 2–3; eggs 3–6	≈70:30	Whole grains 4–6; legumes 1–2; vegetables 4–6; fruit 2–3; nuts/seeds 1–2	Dairy 1–2 (yogurt/cheese preferred)	Extra-virgin olive oil primary; nuts; limit SFA	Processed meat minimized
EAT	Meat ≤100 g total/week; fish/invertebrates up to ~2 servings; eggs 2–4	≈50:50	Whole grains 4–6; legumes 2; vegetables 4–6; fruit 2–3; nuts/seeds 1–2	Dairy 1–2 (small portions) or fortified plant alternatives	Plant oils prioritized; limit SFA	Red/processed meat strongly limited
LOV	Meat/poultry/fish/seafood: 0; eggs 3–7	≈30:70	Whole grains 4–6; legumes 2; vegetables 4–6; fruit 2–3; nuts/seeds 1–2	Dairy 1–3 (or fortified alternatives)	Plant oils; nuts/seeds	Excludes meat, poultry, fish, seafood
VG	All animal products: 0	0:100	Whole grains 5–7; legumes 2–3; vegetables 4–6; fruit 2–3; nuts/seeds 1–2	Fortified plant alternatives 2–3 (soy/pea drinks, yogurts)	Plant oils; nuts/seeds	Excludes meat, poultry, fish, seafood, eggs, dairy, honey

*Standard serving definitions (for planning and reporting): whole grains = 1 serving = 40 g dry (e.g., oats, brown rice, whole-wheat pasta) or 1 slice whole-grain bread; legumes = 1 serving = 150 g cooked (or ~80 g tofu/tempeh); vegetables = 1 serving = 80 g; fruit = 1 serving = 150 g; nuts/seeds = 1 serving = 30 g; dairy = 1 serving = 250 ml milk/yogurt or 30 g cheese; eggs = 1 egg; fish/seafood = 1 serving = 100 g cooked; poultry/red meat = 1 serving = 100–120 g cooked. Ranges represent planning assumptions scaled to individual energy needs; macronutrient targets and the 15% energy deficit are specified in Table 3 (general framework). CTRL, control group; MD, Mediterranean diet; EAT, Eatwell diet; LOV, lacto-ovo-vegetarian diet; VG, vegan diet.

and one withdrew due to relocation. No serious adverse events were reported during the study.

The 85 participants were divided into five study groups [$\chi^2(4, N = 85) = 0.12, p = 0.998$; $N = 16$ –18 subjects *per* group]. However, the gender distribution within the groups deviated significantly from randomisation [$\chi^2(1, N = 85) = 14.41, p < 0.001$], with approximately three-quarters of participants being female. However, the gender distribution within the subgroups was proportional [$\chi^2(4, N = 85) = 1.36, p = 0.852, V = 0.127$]. The gender and group breakdown of the sample is presented in Table 5. Descriptive statistics were calculated for three basic anthropometric indicators: height, body weight, and BMI, both for the entire sample and broken down by gender and inclusion into individual study groups. To determine the characteristics of the variable distributions, the range, mean, standard deviation ($\pm$ SD), median, skewness, and kurtosis coefficients, as well as the values of the Shapiro–Wilk test (used to assess the normality of the distribution), were calculated.

In the analysis of the entire sample, most variables showed significant deviations from a normal distribution. The only exception was body weight, which followed a normal distribution. Additionally, the height data exhibited leptokurticity, indicating a strong concentration of results around the mean. When analyzing the data by gender, most variables displayed normal distribution, except for height in men and BMI in women, both of which showed statistically significant deviations from normality. For the men's height, the distribution was right-skewed, indicating a prevalence of lower values, and it was characterized by leptokurticity. Similar

patterns emerged in the study groups: while most variables were normally distributed, the CTRL group showed a significant deviation in BMI, and the height of individuals in the EAT group also deviated from normal distribution. In the CTRL group, height demonstrated right-skewness and leptokurticity, suggesting a predominance of lower values and a concentration around the mean. Descriptive statistics for the quantitative indicators of demographic characteristics are detailed in Table 6.

3.2 Energy and macronutrient intake

Following 12 weeks of the study, reduced calorie intake was observed in all intervention groups (by 337.6 ± 229.2 kcal/day, 394.4 ± 243.6 kcal/day, 315.3 ± 221.4 , and 554.9 ± 215.3 kcal/day for participants from MED, EAT, LOV and VG group, respectively) compared to CTRL diet ($+77.5 \pm 214.8$ kcal/day, $p < 0.001$). Mean daily protein intake (as % of energy intake) was also decreased in all intervention groups compared to CTRL one ($15.5 \pm 1.2, 15.1 \pm 1.9, 15.0 \pm 0.6$ and 15.0 ± 0.6 vs. 18.0 ± 1.2 , respectively; $p < 0.001$). At the same time, the mean daily fat intake (adjusted to % of energy intake) was reduced in the participants from MD (31.5 ± 3.8) vs. CTRL (34.5 ± 0.6 ; $p < 0.05$), LOV (34.2 ± 0.1 ; $p < 0.05$) and VG (34.6 ± 1.6 ; $p < 0.01$). Carbohydrates intake (expressed as % of daily energy intake) was increased in the participants from EAT compared to CTRL group (48.4 ± 2.4 vs. 43.8 ± 2.2 ; $p < 0.01$), however the intervention with MD, LOV

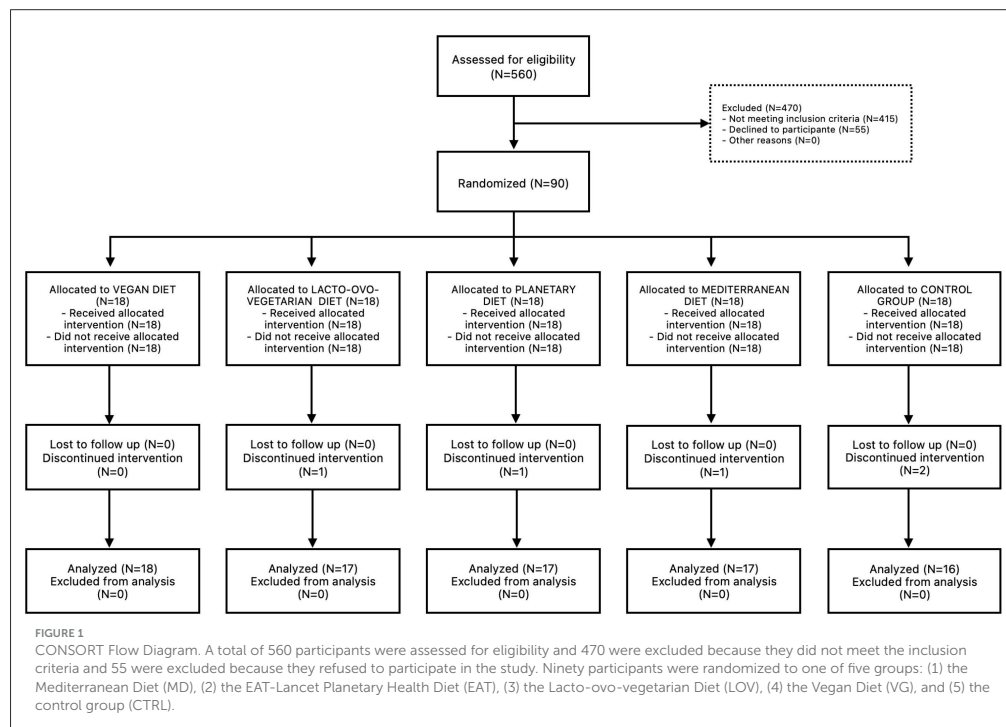


TABLE 5 Gender and group breakdown in the study.

Dietary intervention group	Total number of participants		Females		Males	
	N	%	N	%	N	%
Mediterranean	17	20.0%	13	21.7	4	16.0
EAT-Lancet planetary health diet	17	20.0%	13	21.7	4	16.0
Lacto-ovo-vegetarian	17	20.0%	12	20.0	5	20.0
Vegan	18	21.2%	11	18.3	7	28.0
Control group	16	18.8%	11	18.3	5	20.0
Total	85	100.0%	60	70.6%	25	29.4%

and VG diets did not result in significant changes compared to CTRL diet (43.8 ± 3.4 , 47.1 ± 2.0 , and 46.8 ± 2.3 , respectively). A comprehensive dataset illustrating these alterations is presented in Table 7.

3.3 Summary of main and interaction effects

Analysis of the interaction effects between dietary regime and intervention duration revealed significant outcomes. Due to the relatively small size of the groups, *post-hoc* analyses included not only significance at the $p < 0.05$ level but also results showing

a statistical trend ($p < 0.10$). The direction and magnitude of the observed differences are outlined in Table 8, while the precise data for all subgroups across measures are presented in Table 9. The following section provides a detailed description of interaction effects.

3.3.1 Changes in body weight and body composition

The initial effect of the interaction pertains to body weight. In the experimental groups, a significant decrease in body weight was observed by week 6 and continued through week 12. In the CTRL group, body weight remained stable. The largest reductions

TABLE 6 Descriptive statistics of indicators of quantitative demographic characteristics at baseline ($N = 85$).

Parameter	Range	Mean	$\pm$ SD	Median	Sk	Kurtosis	W
Total							
Height [cm]	152.50–205.00	169.85	± 9.23	168.50	0.74	1.21	0.96*
Weight [kg]	70.00–126.00	90.99	± 11.51	90.00	0.53	0.33	0.98
BMI [kg/m ²]	26.87–39.06	31.53	± 3.09	30.86	0.47	−0.74	0.95**
Female							
Height [cm]	152.50–185.00	166.25	± 6.95	165.25	0.41	−0.23	0.98
Weight [kg]	70.00–110.00	86.97	± 9.29	87.50	0.36	−0.04	0.98
BMI [kg/m ²]	26.98–39.06	31.51	± 3.29	30.83	0.55	−0.81	0.93**
Male							
Height [cm]	166.00–205.00	178.50	± 8.31	177.50	1.14	3.13	0.91*
Weight [kg]	79.00–126.00	100.62	± 10.70	100.00	0.50	0.53	0.97
BMI [kg/m ²]	26.87–36.75	31.58	± 2.60	31.13	0.09	−0.81	0.98
Mediterranean diet							
Height [cm]	152.50–181.00	168.24	± 8.45	168.00	−0.07	−1.03	0.95
Weight [kg]	70.00–108.30	93.84	± 10.54	94.00	−0.66	0.02	0.94
BMI [kg/m ²]	28.34–39.06	33.17	± 3.16	32.49	0.27	−0.81	0.96
EAT–Lancet planetary health diet							
Height [cm]	154.50–185.00	171.18	± 9.08	173.00	−0.40	−0.69	0.96
Weight [kg]	76.00–113.00	90.74	± 10.32	91.00	0.66	0.41	0.94
BMI [kg/m ²]	27.93–37.15	31.00	± 3.04	29.87	0.94	−0.44	0.86*
Lacto–ovo–vegetarian diet							
Height [cm]	157.00–182.50	167.94	± 7.46	167.50	0.38	−0.67	0.96
Weight [kg]	72.00–110.00	87.88	± 10.52	84.00	0.97	0.47	0.90
BMI [kg/m ²]	27.60–36.75	31.14	± 2.81	30.83	0.42	−0.82	0.94
Vegan diet							
Height [cm]	156.00–189.50	171.39	± 9.92	169.00	0.41	−1.03	0.94
Weight [kg]	70.00–122.00	90.83	± 13.17	90.00	0.50	0.66	0.96
BMI [kg/m ²]	26.87–35.43	30.85	± 2.96	30.81	0.05	−1.42	0.92
Control group							
Height [cm]	157.00–205.00	170.47	± 11.37	166.75	2.00	5.23	0.82**
Weight [kg]	74.50–126.00	91.70	± 13.21	91.85	1.08	1.80	0.92
BMI [kg/m ²]	27.73–38.19	31.54	± 3.25	30.83	0.71	−0.49	0.92

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, SD, standard deviation; Sk, skewness; W, Shapiro–Wilk test.

were observed in the EAT and LOV groups, although these changes remained consistent with the direction and proportion of changes seen in the other groups. It is also worth noting that the study groups differed in the baseline level of body weight, which significantly affects the interpretation of the final values (Figure 2).

As illustrated in Figure 3, the most significant weight reduction was observed in the VG group (approximately −4%) up to week 6, with the EAT group exhibiting a loss of approximately −2.8%. In the LOV and MD groups, the decreases were about −3.1% and −2.8%, respectively. After 12 weeks, there was a partial decrease in

body weight in all intervention groups, ranging from −1.4% in the LOV group to −2.9% in the EAT group, compared to the midpoint of the intervention. In the CTRL group, body weight remained unchanged. It remained within the range of $\pm 1\%$ throughout the entire period.

A gradual (linear) decrease in body fat levels from baseline to the end of the study was observed in all intervention groups, with a slightly larger reduction noted for the EAT (−1.97%) and MD diets (−2.0%). In contrast, the values in the CTRL group remained relatively stable (Figure 2).

TABLE 7 Changes in dietary intake.

Variable	Time point	Dietary intervention					Post-hoc
		MED (A)	EAT (B)	LOV (C)	VEG (D)	CTRL (E)	
Calorie intake [kcal/day]	I	2,406 (251)	2,373 (211)	2,283 (254)	2,429 (245)	2,353 (350)	IIA < IA***, IIB < IB***, IIC < IC***, IID < ID***, IIE < IE**, IIC < IIE**, IID < IIE***
	III	2,068 (218)	1,979 (263)	1,968 (319)	1,874 (153)	2,430 (330)	
Proteins [% of daily energy]	I	14.8 (1.7)	15.1 (1.9)	15.1 (0.2)	14.5 (0.6)	17.5 (0.9)	IA < IE***, IB < IE***, IC < IE***, ID < IE***, IIA < IIE***, IIB < IIE***, IIC < IIE***, IID < IIE***
	III	15.5 (1.2)	15.1 (2.0)	15.0 (0.6)	15.0 (0.6)	18.0 (1.2)	
Fats [% of daily energy]	I	31.5 (3.8)	32.8 (3.1)	34.2 (0.1)	34.6 (1.6)	34.5 (0.6)	n.s.
	III	33.2 (2.7)	32.2 (3.0)	34.0 (1.6)	34.1 (1.7)	34.8 (0.8)	
Carbohydrates [% of daily energy]	I	42.2 (5.2)	48.2 (1.7)	46.3 (0.1)	45.6 (2.4)	44.6 (1.5)	IA < IB***, IA < IC*, IIA < IIB*
	III	43.9 (3.4)	48.4 (2.4)	47.1 (2.0)	46.8 (2.3)	43.8 (2.2)	

Data are expressed as means and standard deviations (SD). Time point: I, baseline; III, after 12 weeks of intervention; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

TABLE 8 Interaction effects for all analyzed variables: sphericity assessment, significance, and post-hoc tests.

Variable	$\chi^2(2)$	ϵ	F	p	η^2	Post-hoc
Body weight [kg]	24.25**	0.791	12.13	<0.001	0.183	IIA < IA*, IIIA < IA**, IIB < IB*, IIIB < IB**, IIC < IC*, IIIC < IC*, IID < ID**, IIID < ID**
Waist circumference [cm]	18.10**	0.83	5.46	<0.001	0.127	IIB < IB*, IID < ID*, IIID < ID**
Fat mass [%]	15.26**	0.851	4.02	<0.001	0.108	IIIA < IA**, IIIB < IB**, IIID < ID**
Fat-free mass [%]	128.78**	0.554	1.36	0.252	0.056	n.s.
Total cholesterol [mg/dL]	4.23	—	2.36	0.020	0.093	n.s.
LDL cholesterol [mg/dL]	9.10*	0.902	2.51	0.015	0.106	n.s.
HDL cholesterol [mg/dL]	6.75*	0.924	1.21	0.297	0.048	n.s.
non-HDL cholesterol [mg/dL]	5.46	—	2.34	0.021	0.098	n.s.
Triglycerides [mg/dL]	1.74	—	1.29	0.254	0.059	n.s.
Systolic blood pressure [mg/Hg]	4.52	—	0.48	0.872	0.021	n.s.
Diastolic blood pressure [mg/Hg]	4.05	—	0.48	0.868	0.022	n.s.
Fasting insulin	172.80**	0.530	0.86	0.490	0.041	n.s.
Glucose level [mg/dL]	0.4	—	1.08	0.381	0.049	n.s.
HOMA-IR	3.87	—	1.08	0.379	0.052	n.s.
Overall health status	—	—	1.46	0.224	0.059	n.s.
Total physical activity	—	—	1.41	0.237	0.065	n.s.
Food approach behavior	—	—	0.49	0.744	0.023	n.s.
Food avoidance behavior	—	—	0.94	0.444	0.045	n.s.

χ^2 – Mauchly's variance sphericity test, ϵ – epsilon coefficient for the correction of the F test; Significance levels: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. I–III – subsequent measurement time points. A–E – study (dietary) groups; Scheffé's post-hoc test.

3.3.2 Effects on metabolic syndrome components: waist circumference, blood pressure, glucose metabolism, and lipid profile

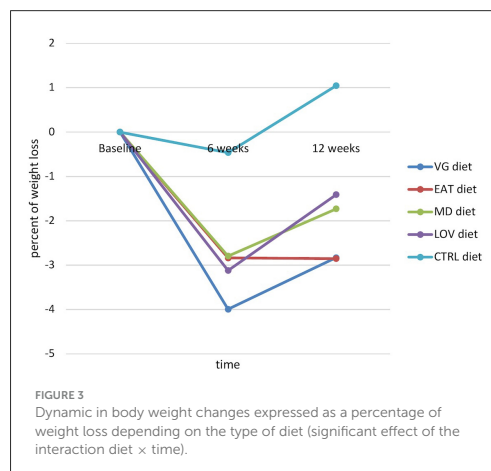
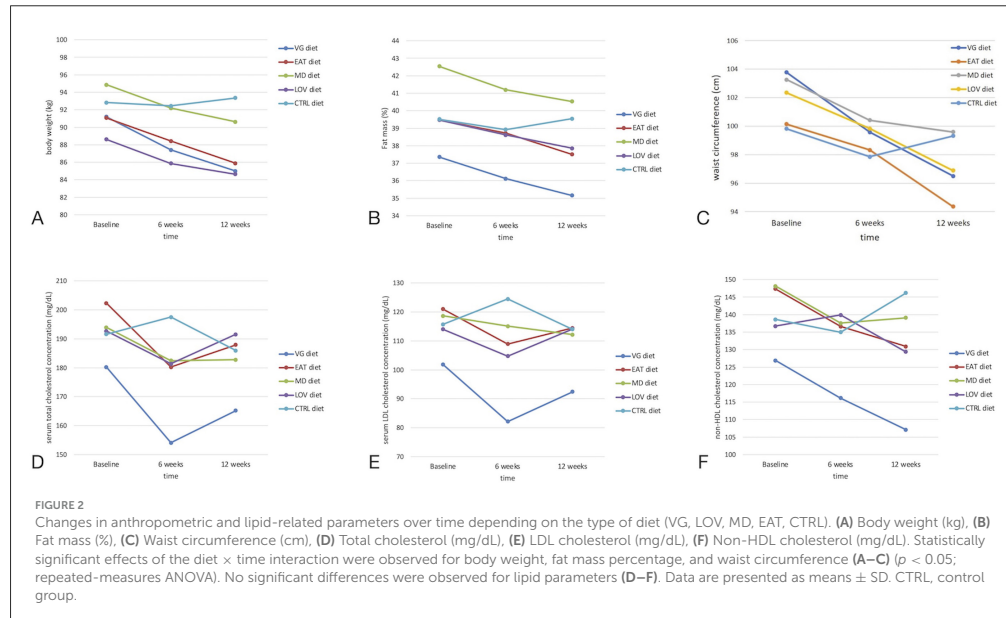
Similar to body weight, there was a significant decrease in waist circumference (Figure 2) between the baseline measurement and the week 6 measurement in the experimental groups, particularly among those following the EAT (100.1 ± 10.4 cm vs. 98.3 ± 9.1 cm) and the LOV diet (102.3 ± 9.3 cm vs. 99.8 ± 9 cm). However, by week 12, there was a significant decrease in waist

circumference compared to the baseline in the EAT (100.1 ± 10.4 vs. 94.3 ± 10.1 ; $p < 0.001$) and LOV group (from 102.3 ± 9.3 cm vs. 99.8 ± 9.0 cm; $p < 0.001$). In the CTRL group, the changes were minimal, although a slight decrease was observed throughout the entire follow-up period. Despite some differences in the dynamics of change at week 6, the decrease in waist circumference (between the beginning and the end of the study) ranged from -7.3 ± 4.7 cm in the VG group to $+0.5 \pm 3.7$ cm in the CTRL group.

TABLE 9 (Continued)

Variable	Time point	Mediterranean diet (A)	EAT–Lancet planetary health diet (B)	Lacto–ovo–vegetarian diet (C)	Vegan diet (D)	Control group (E)	Post–hoc
Systolic blood pressure [mg/Hg]	I	136.47 (21.18)	137.82 (16.25)	137.76 (7.71)	133.28 (10.68)	128.06 (9.53)	n.s.
	II	133.71 (17.17)	132.59 (14.91)	135.65 (10.32)	128.28 (9.30)	124.81 (9.99)	
	III	132.94 (13.33)	128.94 (18.78)	134.88 (12.35)	126.22 (11.89)	125.75 (12.60)	
Diastolic blood pressure [mg/Hg]	I	85.06 (11.24)	86.18 (9.19)	84.71 (7.90)	81.89 (7.73)	78.13 (7.18)	n.s.
	II	82.65 (10.67)	82.71 (7.47)	85.59 (9.10)	79.94 (10.52)	78.06 (7.72)	
	III	82.18 (9.07)	82.76 (10.17)	83.06 (8.18)	79.56 (8.33)	76.25 (9.53)	
Serum fasting insulin level	I	14.43 (7.72)	9.92 (3.85)	11.13 (5.59)	10.54 (4.99)	10.72 (5.43)	n.s.
	II	12.31 (4.62)	10.23 (6.39)	9.73 (3.82)	9.00 (4.80)	10.50 (5.22)	
	III	14.50 (7.52)	10.96 (6.86)	21.24 (46.92)	9.44 (4.16)	10.43 (4.15)	
Serum glucose level [mg/dL]	I	90.18 (10.70)	88.35 (7.28)	90.47 (8.37)	89.56 (7.91)	86.81 (8.68)	n.s.
	II	89.71 (6.18)	89.82 (7.09)	90.88 (6.81)	89.56 (6.63)	91.25 (10.10)	
	III	93.12 (8.34)	89.65 (7.66)	91.65 (9.27)	89.72 (7.45)	90.94 (8.33)	
HOMA–IR	I	3.38 (1.87)	2.18 (0.90)	2.51 (1.40)	2.38 (1.27)	2.27 (1.20)	n.s.
	II	2.71 (0.96)	2.34 (1.55)	2.19 (0.93)	2.09 (1.10)	2.39 (1.39)	
	III	3.32 (1.76)	2.51 (1.74)	2.39 (1.11)	2.18 (0.99)	2.37 (1.07)	
Overall health status	I	117.53 (20.58)	122.31 (23.99)	130.19 (19.59)	122.50 (14.65)	106.80 (33.92)	n.s.
	II	— —	— —	— —	— —	— —	
	III	126.47 (25.44)	132.37 (25.52)	139.50 (11.95)	123.61 (21.17)	109.73 (32.78)	
Total physical activity	I	738.98 (820.05)	1,062.01 (1,138.56)	1,234.00 (2,265.72)	753.39 (643.82)	700.50 (507.08)	n.s.
	II	— —	— —	— —	— —	— —	
	III	1,079.06 (1,028.69)	883.12 (817.97)	1,150.38 (955.32)	1,391.56 (1,627.69)	687.69 (507.67)	
Food approach behavior	I	3.18 (0.74)	3.44 (0.67)	3.18 (0.57)	3.31 (0.68)	3.26 (0.72)	n.s.
	II	— —	— —	— —	— —	— —	
	III	3.18 (0.65)	3.31 (0.78)	2.99 (0.74)	3.23 (0.67)	3.25 (0.77)	
Food avoidance behavior	I	2.21 (0.46)	2.14 (0.42)	2.07 (0.45)	1.99 (0.45)	1.95 (0.40)	n.s.
	II	— —	— —	— —	— —	— —	
	III	2.33 (0.48)	2.21 (0.47)	2.18 (0.45)	2.12 (0.55)	2.06 (0.49)	

Time point: I, baseline; II, after 6 weeks; III, after 12 weeks of intervention; Scheffé's *post-hoc* significance: **p* < 0.05, ***p* < 0.01.



Changes in the serum lipid profile were observed among participants in the intervention groups. The VG group exhibited the most pronounced, but non-significant, decrease in total cholesterol and LDL cholesterol (Figure 2), with concentrations gradually decreasing throughout the intervention period, reaching a low at week 12. There was also a moderate, systematic decline in the EAT group. In the LOV and MD groups, the serum LDL cholesterol concentration decreased by week 6, after which they

stabilized or increased slightly. In the CTRL group, on the other hand, there was an opposite trend: after a slight drop by week 6, the LDL cholesterol concentration rose clearly above the baseline value in week 12. A similar pattern was observed for non-HDL cholesterol concentration in the VG group (Figure 2), with values decreasing steadily from baseline to week 12. In the EAT group, a gradual decline was also noted, although less pronounced. The subjects from the MD and LOV groups experienced a reduction in total cholesterol concentration mainly during the first phase of the study, after which their levels stabilized. The CTRL group exhibited the opposite trend: after a slight decrease by week 6, there was an increase that exceeded the baseline value by week 12. There were no statistically significant differences in serum triglyceride concentration between the subjects from CTRL and intervention groups after the dietary intervention. The parameters of carbohydrate metabolism, including serum fasting glucose and insulin concentration, as well as the HOMA-IR index, showed no substantial alterations in response to the dietary interventions compared to the CTRL group. A thorough examination of the findings revealed no statistically significant differences in systolic and diastolic blood pressure values between the CTRL and study groups (Table 8).

3.4 Changes in appetitive traits, physical activity, and quality of life

The assessment of appetitive traits in the study participants was carried out using the Adult Eating Behavior Questionnaire (AEBQ) (26), which had previously been evaluated in a separate

study conducted on a cohort adhering to a plant-based diet (45). In the present study, AEBQ was administered at baseline (week 1) and after 12 weeks of dietary intervention. The repeated measures analysis (Table 8) and descriptive statistics (Table 9) showed no statistically significant effects of time, group, or their interaction for food approach and food avoidance traits. These findings indicate that eating behavior patterns remained stable across all dietary groups during the intervention period. Similarly, no significant differences were observed in physical activity levels or quality of life measures (Table 8).

4 Discussion

The present study demonstrated that a 12-week dietary intervention based on various plant-based eating patterns can lead to beneficial changes in body weight, waist circumference, and body composition, particularly among participants following the VG and EAT diets, who experienced the most consistent and pronounced reductions in these parameters. Although these changes did not reach statistical significance, they indicated a positive trend in plasma total cholesterol, LDL, and non-HDL cholesterol concentration, particularly in the VG and EAT groups compared to CTRL group. Analogous trends were observed in the other intervention groups; however, these changes were less pronounced or stabilized later in the study. With regard to other metabolic parameters, including plasma fasting glucose and insulin levels, the HOMA-IR index, and arterial blood pressure, no significant differences were observed between the intervention and control groups. Conversely, no substantial alterations in appetitive traits, physical activity levels, or quality of life were observed among the study participants in response to the dietary interventions. It is important to note that this study was the first to compare four different plant-based diets, each with varying levels of animal-based foods, against a control group consuming a control diet. The present comparison focuses not only on discrepancies in weight loss but also on the efficacy of the models in ameliorating specific elements of metabolic syndrome, appetitive traits, physical activity, and quality of life.

The health benefits of weight reduction are extensive. Research has shown that weight reduction is linked to improvements in many components of the metabolic syndrome (46, 47), including cases where this is achieved through a plant-based diet (16). The present study aimed to determine whether participants in all intervention groups would experience weight loss. The results indicated that this was the case, with the rate and magnitude of weight loss varying depending on the type of diet used and the time of measurement. By week 6, the most significant body weight reduction was observed in the VG group (approximately −4%), which may have been related to the most substantial decrease in energy intake in this group (average −555 kcal/day). Minor discrepancies were also observed between the planned and reported macronutrient composition, reflecting the usual variability in dietary adherence. Nevertheless, the intended nutritional structure and overall macronutrient balance of all intervention diets were maintained. This finding aligns with the observations reported by Turner-McGrievy et al. (23), who also documented substantial weight and calorie loss among individuals adhering to a vegan diet.

After a 12-week period, the subjects who had followed the EAT and VG diets achieved the lowest body weight, thus demonstrating their effectiveness throughout the intervention period. This result is consistent with the findings of previous observational studies (48–50) and the systematic review by Mambrini et al. (51) which identified the EAT-Lancet Planetary Health Diet as a promising tool for weight loss and obesity prevention. The LOV and MD groups experienced moderate weight loss, with a percentage change of approximately −3% and −2.8%, respectively, by week 6. This was followed by a further slight decrease or stabilization by week 12. No significant changes were observed in the CTRL group, as participants' body weights remained within ±1% throughout the study. It is also noteworthy that the participants did not receive financial compensation for their involvement in the study or reimbursement for travel expenses, which may indicate a high level of intrinsic motivation. Although minor baseline differences in body weight were observed between groups, these were statistically controlled for through the repeated measures design, which models changes within subjects over time.

A gradual (linear) decrease in body fat levels was observed from baseline to the conclusion of the study across all intervention groups. Notably, a slightly greater reduction was seen in participants from the EAT and MD group. This decrease was consistent at all measurement points, highlighting the importance of body composition analysis for these dietary interventions. Relying solely on body weight or BMI for dietary management may not provide an accurate picture. The improved outcomes for the EAT and MD diets may be attributable to a slightly higher protein content in these diets compared to the vegan diet, which could enhance feelings of satiety (50, 52, 53). It is important to note that the reductions in weight or body fat observed in the present study were smaller than in the study conducted by Kahleova and her team (54, 55). This may be due, in part, to differences in motivation, as participants in our study exhibited a lower baseline body mass index (31.53 ± 3.09). As a result, the rate of weight loss may have been reduced.

Waist circumference measurement is an established criterion for diagnosing metabolic syndrome; therefore, it was included in the current study. All experimental groups showed a noticeable decrease in waist circumference between the baseline measurement and the measurement at weeks 6 and 12. The effect was particularly significant for the EAT and VG diets. However, it is worth noting that this outcome is not universally observed. A meta-analysis of randomized trials by Melgar et al. (56) found that vegetarian diets were associated with body weight loss but did not result in a significant reduction in waist circumference (mean difference of -3.00 cm, 95% CI: -6.20 to 0.20).

Contrary to the findings of preceding studies, this intervention did not result in statistically significant changes in blood lipid concentrations, including plasma total cholesterol, LDL-C, non-HDL, and triglycerides, among the intervention groups compared to the CTRL group. Despite the presence of downward trends in total cholesterol and LDL-C levels within the VG and EAT-Lancet groups, these trends did not attain statistical significance. The absence of substantial variations in the results may be partially attributed to the low baseline lipid levels of the study participants and the moderate duration of the intervention. It is also conceivable that the effects of PBDs on the lipid profile are more pronounced

in populations with dyslipidaemia, morbid obesity, or under strictly controlled conditions. Previous interventions, particularly those involving a low-fat vegan diet, have demonstrated favorable changes in TC and LDL-C levels (43, 57, 58). However, it should be noted that not all studies support these findings. For instance, a study comparing a low-fat vegan diet with the American Diabetes Association (ADA)-recommended diet in patients with type 2 diabetes found no significant differences in lipid profile between the groups (59, 60). A meta-analysis by Koch et al. (61) indicates that, although plant-based diets are associated with reductions in total cholesterol and LDL-C, these effects are most pronounced in studies with precise dietary control and high participant compliance. In the present study, participants exhibited a decline in body weight and body fat; however, the alterations in their lipid profile were not pronounced enough to attain statistical significance. This suggests that the impact of a plant-based diet on lipids may be contingent on the clinical context, the nature of the diet, and the duration and intensity of the intervention.

The present study revealed no significant impact of dietary interventions on serum fasting glucose and insulin concentration, as well as on HOMA-IR. It was observed that mean baseline glucose levels were within the normal range across all study groups, a factor that may have influenced the ultimate outcomes. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials (62) examined the effect of plant-based diets on markers of insulin sensitivity. In comparison with control diets, plant-based diets have been shown to improve HOMA-IR (95% CI: -1.67 to -0.27 ; $p = 0.007$) and fasting serum insulin concentration (95% CI: -7.22 to -1.04 ; $p = 0.009$) in overweight/obese subjects. The findings from a parallel meta-analysis (63) confirmed that vegetarian diets significantly reduced fasting serum blood glucose and glycated hemoglobin concentration in comparison with omnivore diets, especially when the period of the diet was longer than 12 weeks. The impact was especially pronounced in the vegan diet.

There has been a limited number of studies on the effects of PBDs on the changes in arterial blood pressure. In this study, no significant changes in systolic or diastolic blood pressure were observed. The baseline blood pressure levels of the subjects may be a contributing factor to the observed variations in outcomes. The duration of the intervention, which was insufficient, may also be an insufficient factor. In the present study, mean baseline blood pressure levels were found to be close to normal values. The (63) study by Mishra et al. (58) on the effects of vegetarian and vegan diets on systolic and diastolic blood pressure found no significant differences. Similarly, in a review of RCTs analyzed by Melgar et al. (56) involving nine studies and a total of 1,628 overweight or obese participants, no significant effect of vegetarian and vegan diets on blood pressure was observed in comparison to conventional diets.

In the present study, the data regarding changes in individual appetitive traits resulting from the type of intervention are inherently organic. A comparable questionnaire was used in the study conducted by Gillies et al. (64), which also involved plant-based diet interventions. The TFEQ-R18 questionnaire was utilized to select participants, with the objective of excluding those at risk of eating disorders. Furthermore, the TFEQ was employed as a control variable (covariation) in the analysis of the effect of diet on adherence and subjective eating experiences. However, the

TFEQ was not analyzed in relation to changes before and after the intervention, i.e., the impact of the diet on appetitive traits was not assessed. Our previous cross-sectional study demonstrated the potential of plant-based diets for beneficial changes in selected appetitive traits (45). For instance, food avoidance characteristics, such as food fussiness and slowness in eating, are clearly higher in the group following a plant-based diet. However, we have had no experience with the use of this questionnaire in randomized clinical trials to date. We suspect that a longer participant follow-up time may be required to observe changes in food avoidance and attitudes toward food.

No substantial changes were noted in the quality of life domain among the participants of the present study. We believe this is an important aspect, often overlooked, that should be assessed in dietary intervention studies. The quality of life of the participants under the influence of the diets, according to the studies, can be subject to alteration. In this specific case study, no decline in quality of life was observed during the 12-week period of even the more restrictive PBDs.

Physical activity was assessed using the validated IPAQ-SF questionnaire, a standard tool in dietary intervention research (65, 66). Although more advanced monitoring methods exist, the use of this validated and widely accessible instrument was considered appropriate given the study's design and focus on dietary intervention. No significant changes in physical activity levels were observed at any measurement point, nor between the study groups, suggesting that the differences observed in body weight and composition were attributable to dietary modification rather than changes in physical activity.

The present study faced several limitations. As is common with other dietary interventions, the participants in this study were not blinded to the intervention, despite the randomized trial. It is believed that knowing the type of diet used may influence more conscious behavioral changes in other areas of life (67, 68). Furthermore, the pool of participants for this study may have already shown interest in plant-based diets or a desire to improve their health through dietary modification. Additionally, the majority of the participants were female, a demographic that is often characterized by higher health consciousness and a greater engagement with health and nutrition subjects (69). This could partially explain the positive outcomes observed in the EAT-Lancet Planetary Health Diet. This dietary pattern was not as well-known to the study participants as the WHO recommendations or the vegan diet, and therefore aroused more curiosity, which could have potentially influenced the participants' motivation.

Adherence to dietary guidelines is a significant concern. We did not have full control over the study participants. Despite the implementation of a comprehensive protocol, regular meetings, and unannounced consultations, it is possible that participants have consumed supplementary products not included in their prescribed diet plans. Moreover, the long-term maintenance of a plant-based diet may present certain challenges for some participants, which may be attributable to factors such as taste preferences, product availability, cost, or established eating habits. This is partly illustrated by the increase in weight at the third measurement point after 12 weeks. Despite participants' assertions that they adhered to the stipulated protocols and consumed nutritionally

adequate foodstuffs, even within the recommended products for the dietary model, it is conceivable that their energy intake may have exceeded the recommended levels and that they may have modified the diet plans to align with their personal preferences. This may be attributable to fatigue resulting from dietary adherence. This phenomenon was partially elucidated by Kolbuszewska et al. (70) in their study. This is due to the fact that they demonstrated that the degree of adherence to a diet is contingent on motivation. A plant-based diet, initiated primarily for health-related reasons, is more prone to a swift decline in motivation, often resulting in its premature cessation. Conversely, motivations of a moral or environmental nature exhibit greater persistence and serve as a significant catalyst for long-term adherence to plant-based diets. In this study, the significant factor of financial motivation was excluded, and participants were instead asked to provide information on any additional motivations. However, data on the relationship between motivation and other parameters is not yet available. Moreover, the enhanced energy value of the diet, while preserving its quality and adhering to the principles of the respective dietary models, may offer a partial explanation for the observed increase in body weight, accompanied by a concomitant enhancement in body composition, including a reduction in body fat. Furthermore, it is challenging to monitor spontaneous changes in lifestyle outside the diet. An attempt was made to verify this using the physical activity questionnaire; however, as with other questionnaires, the data are declarative and may be subject to bias.

In addition to limitations related to compliance with recommendations and lifestyle control, another important issue is the accuracy of dietary composition assessment. The micronutrient composition of the subjects' diets was not comprehensively assessed. Despite calculating the energy value and macronutrient distribution (i.e., protein, fat, and carbohydrate content) in all dietary plans, it was not possible to accurately assess micronutrient intake due to incomplete data on the content of certain nutrients in the foods consumed and reported by participants in their 24-h dietary diaries. Consequently, it was not feasible to quantify discrepancies in the intake of major and trace elements and vitamins, including zinc, magnesium, chromium, and vitamin C, which have been demonstrated to impact carbohydrate and lipid metabolism (71–74). Furthermore, the subjects' dietary intake was assessed using two 24-h dietary interviews – one at the commencement of the study and one after 12 weeks of intervention. Despite the fact that this approach provides only a snapshot of food intake at each time point, it remains a widely used and practical method in the field of dietary intervention studies. The interviews were collected by trained dietitians and used to estimate the overall direction and magnitude of changes in diet between the start and end of the intervention. Furthermore, no detailed assessment of individual nutrient classes, such as dietary fiber, fatty acid profiles and individual carbohydrate fractions, was conducted. This limitation should be taken into account when interpreting the study's metabolic results. Consequently, the precision of the habitual intake estimate in each dietary group is limited. In the interest of enhancing the comprehensiveness of the assessment, it would be advantageous to incorporate these parameters in subsequent studies.

It is also important to note that the study had a relatively small number of participants, which may not have been representative of the wider population. Moreover, the relatively short study duration of 12 weeks may not have been sufficient to assess additional parameters beyond body weight, selected body composition components, and lipid profile, as evidenced by the lack of statistical significance for blood pressure and carbohydrate metabolism parameters. Despite the prevalence of 12-week dietary interventions in research (21, 75). It is recommended that the recruitment of participants be expanded and the duration of the study be prolonged to facilitate the observation of additional changes. The long-term adherence to different plant-based diet models may present a significant challenge, particularly for individuals who have not previously restricted their meat intake.

Despite these difficulties, this study offers numerous advantages. This is the first study to compare five different dietary models with varying proportions of zoonotic products in terms of differences in weight loss, body composition, and efficacy in improving individual components of the metabolic syndrome and appetitive traits. A key distinction of this study was the recruitment of volunteers who had not previously restricted their meat consumption, an important factor to consider in the analysis. To date, data on the beneficial effects of specific types of plant-based diets on body weight and selected metabolic-related parameters have primarily come from studies involving individuals who have been limiting their meat and zoonotic intake for an extended period. Such individuals are also often characterized by higher dietary awareness (76).

The provision of a range of educational materials, along with ready-made diet plans accompanied by detailed instructions for the preparation of recipes, facilitated patients' adherence to the dietary model assigned during the randomisation process. This approach also served to mitigate the risk of potential nutritional deficiencies. Participants in the study were able to provide essential nutrients for plant-based diets, including protein, calcium, iron and iodine. Each group received an equivalent daily dose of vitamin B12. In order to guarantee that the results were consistent across all groups, the participants in each group were required to ingest precisely 100 micrograms of vitamin B12 on a daily basis. Moreover, the implementation of an intensive support system comprising experts from various professional backgrounds, including dietitians, doctors and diagnosticians, in conjunction with the scheduling of frequent meetings, has been instrumental in ensuring the success of the study. This collaborative approach has resulted in a remarkably low dropout rate of only 5.6%. Additionally, the patients were granted the opportunity to pose inquiries to the experts, thereby facilitating the discussion of the challenges encountered during the dietary regimen, which undoubtedly played a pivotal role in determining their commitment to persevering in the VEGPREV study. Nevertheless, it is recommended that patients' motivation be measured during the study using appropriate psychological tools.

A distinguishing feature of the program was the extensive evaluation of diverse plant-based diets. A direct comparison of the various dietary interventions enables the relative effectiveness of the different diets to be evaluated simultaneously, thus saving researchers time. The subjective reactions of the participants during the meetings, in response to the different models, were observed,

and it was found that these reactions held great educational value for the authors, who are practicing dietitians and researchers. However, implementing this approach is challenging, necessitating the allocation of additional resources to the recruitment process, the meticulous randomization of participants, and strict adherence to the stipulated protocol by all researchers involved.

The success of this study is also largely attributed to be development of a practical regimen that can be implemented in various dietetic practices. The study participants met with researchers on three occasions over the course of 12 weeks: at the beginning of the study, after 6 weeks and after 12 weeks. These meetings were conducted one-to-one, during which all measurements, blood draws and dietary/nutrition education took place. Between in-person meetings, participants maintained regular communication with a trained psychodietitian and had the opportunity to submit queries via email to the lead dietitian responsible for the educational aspects of the study. Importantly, neither the patients nor the research team faced the significant costs associated with the procedures or the burden of excessive time commitments. In contrast to current practices in other studies, which may prove unrealistic for implementation in dietetic settings (43, 77, 78), this approach offers a more feasible alternative. Additionally, the involvement of a chef and the extensive training required could place a substantial burden on health systems in many countries, potentially extending the time need to achieve measurable results.

5 Conclusions

In a 12-week dietary intervention based on four plant-based eating patterns, the most pronounced and consistent changes in body weight, waist circumference, and body fat percentage were observed in the VG and EAT groups. The magnitude of these alterations was greater than in the other intervention groups and did not occur in the control group. No significant changes were observed between the groups in the remaining analyzed parameters, including glycemia, insulinemia, HOMA-IR, blood pressure, lipid profile, appetitive traits, physical activity level, and quality of life. This finding suggests that the impact of plant-based diets in this intervention was predominantly on anthropometric parameters. The EAT and VG diets have been demonstrated to be efficacious tools in the management of weight and body composition in overweight and obese individuals. These findings provide a compelling rationale for the further exploration of sustainable eating patterns as therapeutic strategies and their potential for public health interventions. This will assist in the promotion of more sustainable dietary patterns that reduce carbon footprint and natural resource consumption in the face of the growing popularity of animal-based diets. However, further research in this area is required, including the investigation of larger populations and longer follow-up periods.

Data availability statement

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Ethics statement

The studies involving humans were approved by Local Bioethics Committee at the Warsaw Medical University. The studies were conducted in accordance with the local legislation and institutional requirements. The participants provided their written informed consent to participate in this study.

Author contributions

KW: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Resources, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. KO: Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Resources, Supervision, Writing – original draft, Writing – review & editing. MP: Data curation, Investigation, Methodology, Resources, Writing – original draft. AJ: Formal analysis, Project administration, Supervision, Validation, Writing – review & editing. JB: Investigation, Methodology, Writing – review & editing. MO: Data curation, Formal analysis, Software, Supervision, Validation, Visualization, Writing – original draft, Writing – review & editing. OC: Formal analysis, Supervision, Validation, Writing – review & editing. AN-O: Formal analysis, Supervision, Validation, Writing – review & editing.

Funding

The author(s) declare that no financial support was received for the research and/or publication of this article.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Generative AI statement

The author(s) declare that no Gen AI was used in the creation of this manuscript.

Any alternative text (alt text) provided alongside figures in this article has been generated by Frontiers with the support of artificial intelligence and reasonable efforts have been made to ensure accuracy, including review by the authors wherever possible. If you identify any issues, please contact us.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

References

- Ng M, Gakidou E, Lo J, Abate YH, Abbafati C, Abbas N, et al. Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. (2025) 405:813–38. doi: 10.1016/S0140-6736(25)00355-1
- Lobstein T, Powis J, Jackson-Leach R. World Obesity Atlas 2024. London. (2024). Available online at: <https://data.worldobesity.org/publications/?cat=22> (Accessed June 7, 2025).
- Jayedi A, Rashidy-Pour A, Khorshidi M, Shab-Bidar S. Body mass index, abdominal adiposity, weight gain and risk of developing hypertension: a systematic review and dose-response meta-analysis of more than 23 million participants. *Obesity Rev*. (2018) 19:654–67. doi: 10.1111/obr.12656
- Malone JL, Hansen BC. Does obesity cause type 2 diabetes mellitus (T2DM)? Or is it the opposite? *Pediatr Diabetes*. (2019) 20:5–9. doi: 10.1111/pedi.12787
- Hasan B, Nayfeh T, Alzuabi M, Wang Z, Kuchkuntla AR, Prokop LJ, et al. Weight loss and serum lipids in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*. (2020) 105:3695–703. doi: 10.1210/clinem/dgaa673
- Csige I, Ujvárosy D, Szabó Z, Lorincz I, Paragh G, Harangi M, et al. The impact of obesity on the cardiovascular system. *J Diabetes Res*. (2018) 2018:1–12. doi: 10.1155/2018/3407306
- Xiao N, Ding Y, Cui B, Li R, Qu X, Zhou H, et al. Navigating obesity: a comprehensive review of epidemiology, pathophysiology, complications and management strategies. *Innov Med*. (2024) 2:100090. doi: 10.59717/j.xinn-med.2024.100090
- Lemieux I, Després J-P. Metabolic syndrome: past, present and future. *Nutrients*. (2020) 12:3501. doi: 10.3390/nu12113501
- Behl T, Gupta A, Chigurupati S, Singh S, Sehgal A, Badavath VN, et al. Natural and synthetic agents targeting reactive carbonyl species against metabolic syndrome. *Molecules*. (2022) 27:1583. doi: 10.3390/molecules27051583
- Cornier Marc-Andre. A review of current guidelines for the treatment of obesity. *Am J Manag Care*. (2022) 28:S288–S296. doi: 10.37765/ajmc.2022.89292
- Morgan-Bathke M, Baxter SD, Halliday TM, Lynch A, Malik N, Raynor HA, et al. Weight management interventions provided by a dietitian for adults with overweight or obesity: an evidence analysis center systematic review and meta-analysis. *J Acad Nutr Diet*. (2023) 123:1621–661.e25. doi: 10.1016/j.jand.2022.03.014
- Olateju I V, Opaleye-Enakhimion T, Udeogu JE, Asuquo J, Olaleye KT, Osa E, et al. Systematic review on the effectiveness of diet and exercise in the management of obesity. *Diabetes Meta Syndr Clin Res Rev*. (2023) 17:102759. doi: 10.1016/j.dsx.2023.102759
- Tran E, Dale HF, Jensen C, Lied GA. Effects of plant-based diets on weight status: a systematic review. *Diabetes Metab Syndr Obes. Volume*. (2020) 13:3433–48. doi: 10.2147/DMSO.S272802
- Barnard ND, Levin SM, Yokoyama Y. A systematic review and meta-analysis of changes in body weight in clinical trials of vegetarian diets. *J Acad Nutr Diet*. (2015) 115:954–69. doi: 10.1016/j.jand.2014.11.016
- Huang RY, Huang CC, Hu FB, Chavarro JE. Vegetarian diets and weight reduction: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Gen Intern Med*. (2016) 31:109–16. doi: 10.1007/s11606-015-3390-7
- Wiśniewska K, Okreglicka KM, Nitsch-Osuch A, Oczkowski M. Plant-based diets and metabolic syndrome components: the questions that still need to be answered—a narrative review. *Nutrients*. (2024) 16:165. doi: 10.3390/nu16010165
- McGrath L, Fernandez M-L. Plant-based diets and metabolic syndrome: Evaluating the influence of diet quality. *J Agric Food Res*. (2022) 9:100322. doi: 10.1016/j.jafr.2022.100322
- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the anthropocene: the EAT–lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*. (2019) 393:447–92. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4
- WHO European Office for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases. Plant-based diets and their impact on health, sustainability and the environment A review of the evidence WHO European Office for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases. Copenhagen. (2021).
- Rockström J, Thilsted SH, Willett WC, Gordon LJ, Herrero M, Hicks CC, et al. The EAT–Lancet Commission on healthy, sustainable, and just food systems. *Lancet*. (2025) 406:1625–700. doi: 10.1016/S0140-6736(25)01201-2
- Turner-McGrievy GM, Wilson MJ, Carswell J, Okpara N, Aydin H, Bailey S, et al. A 12-Week Randomized Intervention Comparing the Healthy US, Mediterranean, and Vegetarian Dietary Patterns of the US Dietary Guidelines for Changes in Body Weight, Hemoglobin A1c, Blood Pressure, and Dietary Quality among African American Adults. *J Nutr*. (2023) 153:579–87. doi: 10.1016/j.tjnut.2022.11.020
- Fontes T, Rodrigues LM, Ferreira-Pêgo C. Comparison between different groups of vegetarianism and its associations with body composition: a literature review from 2015 to 2021. *Nutrients*. (2022) 14:1853. doi: 10.3390/nu14091853
- Turner-McGrievy GM, Davidson CR, Wingard EE, Wilcox S, Frongillo EA. Comparative effectiveness of plant-based diets for weight loss: A randomized controlled trial of five different diets. *Nutrition*. (2015) 31:350–8. doi: 10.1016/j.nut.2014.09.002
- Naghshi S, Sadeghi O, Willett WC, Esmailzadeh A. Dietary intake of total, animal, and plant proteins and risk of all cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ*. (2020) 370:m2412. doi: 10.1136/bmj.m2412
- Zhao H, Song A, Zheng C, Wang M, Song G. Effects of plant protein and animal protein on lipid profile, body weight and body mass index on patients with hypercholesterolemia: a systematic review and meta-analysis. *Acta Diabetol*. (2020) 57:1169–80. doi: 10.1007/s00592-020-01534-4
- Hunot C, Fildes A, Croker H, Llewellyn CH, Wardle J, Beeken RJ. Appetitive traits and relationships with BMI in adults: development of the Adult Eating Behaviour Questionnaire. *Appetite*. (2016) 105:356–63. doi: 10.1016/j.appet.2016.05.024
- Hunot-Alexander C, Arellano-Gómez LP, Smith AD, Kaufer-Horwitz M, Vázquez-Garibay EM, Romero-Velarde E, et al. Examining the validity and consistency of the Adult Eating Behaviour Questionnaire-Español (AEBQ-Esp) and its relationship to BMI in a Mexican population. *Eat Weight Disord Stud Anorexia Bulimia Obesity*. (2022) 27:651–63. doi: 10.1007/s40519-021-01201-9
- Carnell S, Benson L, Pryor K, Driggin E. Appetitive traits from infancy to adolescence: using behavioral and neural measures to investigate obesity risk. *Physiol Behav*. (2013) 121:79–88. doi: 10.1016/j.physbeh.2013.02.015
- Williams E, Vardavoulia A, Lally P, Gardner B. Experiences of initiating and maintaining a vegan diet among young adults: a qualitative study. *Appetite*. (2023) 180:106357. doi: 10.1016/j.appet.2022.106357
- Sikalidis AK, Kelleher AH, Kristo AS. Mediterranean diet. *Encyclopedia*. (2021) 1:371–87. doi: 10.3390/encyclopedia1020031
- Finicelli M, Di Salle A, Galderisi U, Peluso G. The mediterranean diet: an update of the clinical trials. *Nutrients*. (2022) 14:2956. doi: 10.3390/nu14142956
- Craig WJ, Mangels AR, American Dietetic Association. Position of the American dietetic association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc*. (2009) 109:1266–82. doi: 10.1016/j.jada.2009.05.027
- Melina V, Craig W, Levin S. Position of the academy of nutrition and dietetics: vegetarian diets. *J Acad Nutr Diet*. (2016) 116:1970–80. doi: 10.1016/j.jand.2016.09.025
- Hargreaves SM, Rosenfeld DL, Moreira AVB, Zandonadi RP. Plant-based and vegetarian diets: an overview and definition of these dietary patterns. *Eur J Nutr*. (2023) 62:1109–21. doi: 10.1007/s00394-023-03086-z
- World Health Organization. *Healthy diet*. Geneva: World Health Organization (2019). Available online at: <https://www.who.int/publications/m/item/healthy-diet-factsheet394> (Accessed July 7, 2025).
- Kowalkowska J, Wadolowska L, Czarnocinska J, Czaplak-Matysik M, Galinski G, Jezewska-Zychowicz M, et al. Reproducibility of a questionnaire for dietary habits, lifestyle and nutrition knowledge assessment (KomPAN) in polish adolescents and adults. *Nutrients*. (2018) 10:1845. doi: 10.3390/nu10121845
- Shepherd DA. The 1975 Declaration of Helsinki and consent. *Can Med Assoc J*. (1976) 115:1191–2.
- Matz R. Calculating body mass index. *Ann Intern Med*. (1993) 118:232. doi: 10.7326/0003-4819-118-3-199302010-00025
- Mancia G, Kreutz R, Brunström M, Burnier M, Grassi G, Januszewicz A, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension. *J Hypertens*. (2023) 41:1874–2071. doi: 10.1097/HJH.0000000000003480
- Rychlik E, Stos K, Wozniak A, Mojska H (editors.). *Normy żywienia dla populacji Polski*. Warsaw: National Institute of Public Health – National Institute of Hygiene – National Research Institute (2024). Available online at: <https://www.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2025/01/normy-02.01.pdf> (Accessed July 7, 2025).
- Tylka J, Piotrowicz R. Quality of life questionnaire SF-36 – Polish version. *Kardiologia Pol*. (2009) 67:1166–9. doi: 10.33963/v.kp.80359
- Lee PH, Macfarlane DJ, Lam T, Stewart SM. Validity of the international physical activity questionnaire short form (IPAQ-SF): a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. (2011) 8:115. doi: 10.1186/1479-5868-8-115
- Wright N, Wilson L, Smith M, Duncan B, McHugh P. The BROAD study: a randomised controlled trial using a whole food plant-based diet in the community for obesity, ischaemic heart disease or diabetes. *Nutr Diabetes*. (2017) 7:e256. doi: 10.1038/nutd.2017.3
- Field A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. London, UK: SAGE Publications Ltd. (2018).
- Wiśniewska K, Okreglicka KM, Jaworski M, Nitsch-Osuch A. Plant-Based vs. animal-based diets: appetitive traits and dietary patterns in adults based on cross-sectional surveys. *Nutrients*. (2025) 17:573. doi: 10.3390/nu17030573

46. Liu D, Huang Y, Huang C, Yang S, Wei X, Zhang P, et al. Calorie restriction with or without time-restricted eating in weight loss. *New England J Med.* (2022) 386:1495–504. doi: 10.1056/NEJMoa2114833
47. Zheng X, Zhang W, Wan X, Lv X, Lin P, Si S, et al. The effects of Mediterranean diet on cardiovascular risk factors, glycemic control and weight loss in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis. *BMC Nutr.* (2024) 10:59. doi: 10.1186/s40795-024-00836-y
48. Liu J, Shen Q, Wang X. Emerging EAT-Lancet planetary health diet is associated with major cardiovascular diseases and all-cause mortality: a global systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr.* (2024) 43:167–79. doi: 10.1016/j.clnu.2024.10.021
49. de Oliveira Neta RS, Lima SCVC, Medeiros MFA de, Araújo DBM, Bernardi N, de Araújo AANG, et al. The EAT-Lancet diet associated cardiovascular health parameters: evidence from a Brazilian study. *Nutr J.* (2024) 23:116. doi: 10.1186/s12937-024-01021-4
50. Sawicki CM, Ramesh G, Bui L, Nair NK, Hu FB, Rimm EB, et al. Planetary health diet and cardiovascular disease: results from three large prospective cohort studies in the USA. *Lancet Planet Health.* (2024) 8:e666–74. doi: 10.1016/S2542-5196(24)00170-0
51. Mambrini SP, Penzavacchia C, Menichetti F, Foppiani A, Leone A, Pellizzari M, et al. Plant-based and sustainable diet: a systematic review of its impact on obesity. *Obesity Rev.* (2025) 26:e13901. doi: 10.1111/obr.13901
52. Bakaloudi DR, Halloran A, Rippin HL, Oikonomidou AC, Dardavesis TI, Williams J, et al. Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clin Nutr.* (2021) 40:3503–21. doi: 10.1016/j.clnu.2020.11.035
53. Kahleova H, Fleeman R, Hlozkova A, Holubkov R, Barnard ND. A plant-based diet in overweight individuals in a 16-week randomized clinical trial: metabolic benefits of plant protein. *Nutr Diabetes.* (2018) 8:58. doi: 10.1038/s41387-018-0067-4
54. Kahleova H, Hlozkova A, Fleeman R, Fletcher K, Holubkov R, Barnard ND. Fat quantity and quality, as part of a low-fat, vegan diet, are associated with changes in body composition, insulin resistance, and insulin secretion. A 16-week randomized controlled trial. *Nutrients.* (2019) 11:615. doi: 10.3390/nu11030615
55. Kahleova H, Tura A, Hill M, Holubkov R, Barnard ND. A plant-based dietary intervention improves beta-cell function and insulin resistance in overweight adults: A 16-week randomized clinical trial. *Nutrients.* (2018) 10:189. doi: 10.3390/nu10020189
56. Melgar B, Diaz-Arocutipa C, Huerta-Rengifo C, Piscoya A, Barboza JJ, Hernandez AV. Vegetarian diets on anthropometric, metabolic and blood pressure outcomes in people with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Obes.* (2023) 47:903–10. doi: 10.1038/s41366-023-01357-7
57. Kahleova H, Petersen KF, Shulman GI, Alwarith J, Rembert E, Tura A, et al. Effect of a low-fat vegan diet on body weight, insulin sensitivity, postprandial metabolism, and intramyocellular and hepatocellular lipid levels in overweight adults. *JAMA Netw Open.* (2020) 3:e2025454. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.25454
58. Mishra S, Xu J, Agarwal U, Gonzales J, Levin S, Barnard ND, et al. multicenter randomized controlled trial of a plant-based nutrition program to reduce body weight and cardiovascular risk in the corporate setting: the GEICO study. *Eur J Clin Nutr.* (2013) 67:718–24. doi: 10.1038/ejcn.2013.92
59. Barnard ND, Cohen J, Jenkins DJ, Turner-McGrievy G, Gloede L, Green A, et al. low-fat vegan diet and a conventional diabetes diet in the treatment of type 2 diabetes: a randomized, controlled, 74-week clinical trial. *Am J Clin Nutr.* (2009) 89:1588S–96S. doi: 10.3945/ajcn.2009.26736H
60. Barnard ND, Cohen J, Jenkins DJ, Turner-McGrievy G, Gloede L, Jaster B, et al. Low-fat vegan diet improves glycemic control and cardiovascular risk factors in a randomized clinical trial in individuals with Type 2 diabetes. *Diabetes Care.* (2006) 29:1777–83. doi: 10.2337/dc06-0606
61. Koch CA, Kjeldsen EW, Frikke-Schmidt R. Vegetarian or vegan diets and blood lipids: a meta-analysis of randomized trials. *Eur Heart J.* (2023) 44:2609–22. doi: 10.1093/eurheartj/ehad211
62. Termannsen A-D, Søndergaard CS, Færch K, Andersen TH, Raben A, Quist JS. Effects of plant-based diets on markers of insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutrients.* (2024) 16:2110. doi: 10.3390/nu16132110
63. Xia X, Zhang J, Wang X, Xiong K, Pan Z, Wang J. Effects of vegetarian diets on blood lipids, blood glucose, and blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Food Funct.* (2024) 15:11834–46. doi: 10.1039/D4FO03449J
64. Gillies NA, Worthington A, Li L, Conner TS, Birmingham EN, Knowles SO, et al. Adherence and eating experiences differ between participants following a flexitarian diet including red meat or a vegetarian diet including plant-based meat alternatives: findings from a 10-week randomised dietary intervention trial. *Front Nutr.* (2023) 10:1174726. doi: 10.3389/fnut.2023.1174726
65. Katzmarzyk PT, Mire EF, Martin CK, Newton RL, Apolzan JW, Denstel KD, et al. Physical activity and weight loss in a pragmatic weight loss trial. *Int J Obes.* (2023) doi: 10.1038/s41366-023-01260-1
66. Fuller NR, Williams K, Shrestha R, Ahern AL, Holzapfel C, Hauner H, et al. Changes in physical activity during a weight loss intervention and follow-up: a randomized controlled trial. *Clin Obes.* (2014) 4:127–35. doi: 10.1111/cob.12057
67. Grouff-Jacobsen S, Larsson C, Van Daele W, Margerison C, Mulkerrins I, Aasland LM, et al. Food literacy and diet quality in young vegans, lacto-ovo vegetarians, pescatarians, flexitarians and omnivores. *Public Health Nutr.* (2023) 26:3051–61. doi: 10.1017/S1368980023002124
68. Peruvemba S, Gieng J, Chen S, Pereira Pignotti GA. Diet quality, diet motives, and nutrition literacy of vegans, vegetarians, and semi-vegetarians. *Public Health Nutr.* (2024) 27:1–19. doi: 10.1017/S1368980024001241
69. Wardle J, Haase AM, Steptoe A, Nillapun M, Jonwutiwes K, Bellis F. Gender differences in food choice: the contribution of health beliefs and dieting. *Ann Behav Med.* (2004) 27:107–16. doi: 10.1207/s15324796abm2702_5
70. Kolbuszewska M, Anderson J, Milyavskaya M. Autonomous motivation, goal-facilitating behaviours, and dietary goal progress in individuals transitioning to a veg'n diet: a longitudinal study. *Front Psychol.* (2022) 13:1019714. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1019714
71. Wong SK, Chin K-Y, Ima-Nirwana S. Vitamin C: a review on its role in the management of metabolic syndrome. *Int J Med Sci.* (2020) 17:1625–38. doi: 10.7150/ijms.47103
72. Hariri M, Sohrabi M, Gholami A. The effect of magnesium supplementation on serum concentration of lipid profile: an updated systematic review and dose-response meta-analysis on randomized controlled trials. *Nutr J.* (2025) 24:24. doi: 10.1186/s12937-025-01085-w
73. Gossa Al-Saadde D, Haider AM, Ali A, Abdu Musad Saleh E, Turki Jalil A, Abdulleh FM, et al. The role of chromium supplementation in cardiovascular risk factors: a comprehensive reviews of putative molecular mechanisms. *Heliyon.* (2023) 9:e19826. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19826
74. Olechnowicz J, Tinkov A, Skalny A, Suliburska J. Zinc status is associated with inflammation, oxidative stress, lipid, and glucose metabolism. *J Physiol Sci.* (2018) 68:19–31. doi: 10.1007/s12576-017-0571-7
75. Lee YM, Kim SA, Lee IK, Kim JG, Park KG, Jeong JY, et al. Effect of a brown rice based vegan diet and conventional diabetic diet on glycemic control of patients with type 2 diabetes: a 12-week randomized clinical trial. *PLoS ONE.* (2016) 11:e0155918. doi: 10.1371/journal.pone.0155918
76. Müssig M, Pfeiler TM, Egloff B. Why They Eat What They Eat: Comparing 18 Eating Motives Among Omnivores and Veg*ns. *Front Nutr.* (2022) 9:780614. doi: 10.3389/fnut.2022.780614
77. Domper J, Gayoso L, Goni L, Perezabad L, Razquin OV, Etxeberria U, Ruiz-Canela M. An intensive culinary intervention programme to promote healthy ageing: the SUKALMENA-InAge feasibility pilot study. *Nutrients.* (2024) 16:1735. doi: 10.3390/nu16111735
78. Alpaugh M, Pope L, Trubek A, Skelly J, Harvey J. Cooking as a health behavior: examining the role of cooking classes in a weight loss intervention. *Nutrients.* (2020) 12:3669. doi: 10.3390/nu12123669

5. Bibliografia

1. Ng M, Gakidou E, Lo J, et al (2025) Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet* 405:813–838. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(25\)00355-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)00355-1)
2. Wojtyniak B, Smaga a (2025) Sytuacja zdrowotna ludności Polski i jej uwarunkowania – 2025. Warszawa
3. Bae JP, Nelson DR, Boye KS, Mather KJ (2025) Prevalence of complications and comorbidities associated with obesity: a health insurance claims analysis. *BMC Public Health* 25:273. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-21061-z>
4. Rockström J, Thilsted SH, Willett WC, et al (2025) The EAT–Lancet Commission on healthy, sustainable, and just food systems. *The Lancet* 406:1625–1700. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(25\)01201-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)01201-2)
5. Jayedi A, Rashidy-Pour A, Khorshidi M, Shab-Bidar S (2018) Body mass index, abdominal adiposity, weight gain and risk of developing hypertension: a systematic review and dose–response meta-analysis of more than 2.3 million participants. *Obesity Reviews* 19:654–667. <https://doi.org/10.1111/obr.12656>
6. Malone JI, Hansen BC (2019) Does obesity cause type 2 diabetes mellitus (T2DM)? Or is it the opposite? *Pediatr Diabetes* 20:5–9. <https://doi.org/10.1111/pedi.12787>
7. Hasan B, Nayfeh T, Alzuabi M, et al (2020) Weight Loss and Serum Lipids in Overweight and Obese Adults: a Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Endocrinol Metab* 105:3695–3703. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa673>
8. Csige I, Ujvárosy D, Szabó Z, et al (2018) The Impact of Obesity on the Cardiovascular System. *J Diabetes Res* 2018:1–12. <https://doi.org/10.1155/2018/3407306>
9. Xiao N, Ding Y, Cui B, et al (2024) Navigating obesity: a comprehensive review of epidemiology, pathophysiology, complications and management strategies. *The Innovation Medicine* 2:100090. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-med.2024.100090>
10. Lemieux I, Després J-P (2020) Metabolic Syndrome: Past, Present and Future. *Nutrients* 12:3501. <https://doi.org/10.3390/nu12113501>
11. Fahed G, Aoun L, Zerdan MB, et al (2022) Metabolic Syndrome: Updates on Pathophysiology and Management in 2021. *Int J Mol Sci* 23
12. Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, et al (2005) Diagnosis and Management of the Metabolic Syndrome. *Circulation* 112:2735–2752. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.169404>

13. Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J (2006) Metabolic syndrome—a new world-wide definition. a Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine* 23:469–480. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x>
14. Li J, Liu W, Li H, et al (2025) Changes of metabolic syndrome status alter the risks of cardiovascular diseases, stroke and all cause mortality. *Sci Rep* 15:5448. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86385-1>
15. Park S, Lee J, Seok JW, et al (2024) Comprehensive lifestyle modification interventions for metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Nursing Scholarship* 56:249–259. <https://doi.org/10.1111/jnu.12946>
16. Ambroselli D, Masciulli F, Romano E, et al (2023) New Advances in Metabolic Syndrome, from Prevention to Treatment: The Role of Diet and Food. *Nutrients* 15:640. <https://doi.org/10.3390/nu15030640>
17. Lv Y, Aihemaiti G, Guo H (2024) Effect of Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) on Patients with Metabolic Syndrome and Its Potential Mechanisms. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity Volume* 17:3103–3110. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S477739>
18. Valenzuela-Fuenzalida JJ, Bravo VS, Valarezo LM, et al (2024) Effectiveness of DASH Diet versus Other Diet Modalities in Patients with Metabolic Syndrome: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 16:3054. <https://doi.org/10.3390/nu16183054>
19. Akhlaghi M (2020) Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH): potential mechanisms of action against risk factors of the metabolic syndrome. *Nutr Res Rev* 33:1–18. <https://doi.org/10.1017/S0954422419000155>
20. Thomas MS, Calle M, Fernandez ML (2023) Healthy plant-based diets improve dyslipidemias, insulin resistance, and inflammation in metabolic syndrome. a narrative review. *Advances in Nutrition* 14:44–54. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.002>
21. Fernandes I, Mariana M, Lorigo M, Cairrao E (2024) The Influence of Plant-Based Diets on Metabolic Syndrome. *Diabetology* 5:255–270. <https://doi.org/10.3390/diabetology5030020>
22. Najjar RS, Feresin RG (2019) Plant-based diets in the reduction of body fat: Physiological effects and biochemical insights. *Nutrients* 11
23. Storz MA (2022) What makes a plant-based diet? a review of current concepts and proposal for a standardized plant-based dietary intervention checklist. *Eur J Clin Nutr* 76:789–800. <https://doi.org/10.1038/s41430-021-01023-z>

24. Hargreaves SM, Rosenfeld DL, Moreira AVB, Zandonadi RP (2023) Plant-based and vegetarian diets: an overview and definition of these dietary patterns. *Eur J Nutr* 62:1109–1121
25. Kent G, Kehoe L, Flynn A, Walton J (2022) Plant-based diets: a review of the definitions and nutritional role in the adult diet. In: *Proceedings of the Nutrition Society*. Cambridge University Press, pp 62–74
26. Willett W, Rockström J, Loken B, et al (2019) Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393:447–492
27. Peruvemba S, Gieng J, Chen S, Pereira Pignotti GA (2024) Diet quality, diet motives, and nutrition literacy of vegans, vegetarians, and semi-vegetarians. *Public Health Nutr* 27:1–19. <https://doi.org/10.1017/S1368980024001241>
28. Parker HW, Vadiveloo MK (2019) Diet quality of vegetarian diets compared with nonvegetarian diets: a systematic review. *Nutr Rev* 77:144–160
29. McGrath L, Fernandez M-L (2022) Plant-based diets and metabolic syndrome: Evaluating the influence of diet quality. *J Agric Food Res* 9:100322. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100322>
30. Turner-McGrievy GM, Davidson CR, Wingard EE, et al (2015) Comparative effectiveness of plant-based diets for weight loss: a randomized controlled trial of five different diets. *Nutrition* 31:350–358. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.09.002>
31. Wirth C, Mitjavila J, Amin S, Adenuga o (2023) In patients with diagnoses of overweight or obesity, does a plant-based diet improve weight loss compared with a non-plant-based diet? *Evidence-Based Practice* 26:5–6. <https://doi.org/10.1097/EBP.0000000000001688>
32. Wright N, Wilson L, Smith M, et al (2017) The BROAD study: a randomised controlled trial using a whole food plant-based diet in the community for obesity, ischaemic heart disease or diabetes. *Nutr Diabetes* 7:. <https://doi.org/10.1038/nutd.2017.3>
33. Melgar B, Diaz-Arocutipa C, Huerta-Rengifo C, et al (2023) Vegetarian diets on anthropometric, metabolic and blood pressure outcomes in people with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Obes* 47:903–910. <https://doi.org/10.1038/s41366-023-01357-7>
34. Kahleova H, Rembert E, Alwarith J, et al (2020) Effects of a low-fat vegan diet on gut microbiota in overweight individuals and relationships with body weight, body composition, and insulin sensitivity. a randomized clinical trial. *Nutrients* 12:1–16. <https://doi.org/10.3390/nu12102917>

35. Crosby L, Rembert E, Levin S, et al (2022) Changes in Food and Nutrient Intake and Diet Quality on a Low-Fat Vegan Diet Are Associated with Changes in Body Weight, Body Composition, and Insulin Sensitivity in Overweight Adults: a Randomized Clinical Trial. *J Acad Nutr Diet* 122:1922-1939.e0. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2022.04.008>
36. Kahleova H, Petersen KF, Shulman GI, et al (2020) Effect of a Low-Fat Vegan Diet on Body Weight, Insulin Sensitivity, Postprandial Metabolism, and Intramyocellular and Hepatocellular Lipid Levels in Overweight Adults. *JAMA Netw Open* 3:e2025454. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.25454>
37. Kahleova H, Tura A, Hill M, et al (2018) a plant-based dietary intervention improves beta-cell function and insulin resistance in overweight adults: a 16-week randomized clinical trial. *Nutrients* 10:. <https://doi.org/10.3390/nu10020189>
38. Koch CA, Kjeldsen EW, Frikke-Schmidt R (2023) Vegetarian or vegan diets and blood lipids: a meta-analysis of randomized trials. *Eur Heart J* 44:2609–2622. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad211>
39. Xia X, Zhang J, Wang X, et al (2024) Effects of vegetarian diets on blood lipids, blood glucose, and blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Food Funct* 15:11834–11846. <https://doi.org/10.1039/D4FO03449J>
40. Xia X, Zhang J, Wang X, et al (2024) Effects of vegetarian diets on blood lipids, blood glucose, and blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Food Funct* 15:11834–11846. <https://doi.org/10.1039/D4FO03449J>
41. Yokoyama Y, Levin SM, Barnard ND (2017) Association between plant-based diets and plasma lipids: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev* 75:683–698. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux030>
42. Wang F, Zheng J, Yang B, et al (2015) Effects of vegetarian diets on blood lipids: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Heart Assoc* 4:. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002408>
43. Turner-McGrievy GM, Wilson MJ, Carswell J, et al (2023) a 12-Week Randomized Intervention Comparing the Healthy US, Mediterranean, and Vegetarian Dietary Patterns of the US Dietary Guidelines for Changes in Body Weight, Hemoglobin A1c, Blood Pressure, and Dietary Quality among African American Adults. *J Nutr* 153:579–587. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2022.11.020>
44. Boutelle KN, Eichen DM, Peterson CB, et al (2022) Effect of a Novel Intervention Targeting Appetitive Traits on Body Mass Index Among Adults With Overweight or

- Obesity. JAMA Netw Open 5:e2212354.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.12354>
45. Llewellyn CH, Fildes a (2017) Behavioural Susceptibility Theory: Professor Jane Wardle and the Role of Appetite in Genetic Risk of Obesity. *Curr Obes Rep* 6:38–45.
<https://doi.org/10.1007/s13679-017-0247-x>
 46. Llewellyn CH, Kininmonth AR, Herle M, et al (2023) Behavioural susceptibility theory: the role of appetite in genetic susceptibility to obesity in early life. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 378:.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0223>
 47. Hunot C, Fildes A, Croker H, et al (2016) Appetitive traits and relationships with BMI in adults: Development of the Adult Eating Behaviour Questionnaire. *Appetite* 105:356–363. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.05.024>
 48. Zickgraf HF, Rigby a (2019) The Adult Eating Behaviour Questionnaire in a bariatric surgery-seeking sample: Factor structure, convergent validity, and associations with BMI. *European Eating Disorders Review* 27:97–104. <https://doi.org/10.1002/erv.2628>
 49. Carnell S, Benson L, Pryor K, Driggin E (2013) Appetitive traits from infancy to adolescence: Using behavioral and neural measures to investigate obesity risk. *Physiol Behav* 121:79–88. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.02.015>
 50. Reist ME, Bleidorn W, Milfont TL, Hopwood CJ (2023) Meta-analysis of personality trait differences between omnivores, vegetarians, and vegans. *Appetite* 191:107085. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.107085>
 51. de Carvalho KMB, Pizato N, Botelho PB, et al (2020) Dietary protein and appetite sensations in individuals with overweight and obesity: a systematic review. *Eur J Nutr* 59:2317–2332. <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02321-1>
 52. Kral TVE (2006) Effects on hunger and satiety, perceived portion size and pleasantness of taste of varying the portion size of foods: a brief review of selected studies. *Appetite* 46:103–105. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2005.05.006>
 53. Gibbs J, Cappuccio FP (2022) Plant-Based Dietary Patterns for Human and Planetary Health. *Nutrients* 14
 54. Tran E, Dale HF, Jensen C, Lied GA (2020) Effects of Plant-Based Diets on Weight Status: a Systematic Review. *Diabetes Metab Syndr Obes Volume* 13:3433–3448. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S272802>
 55. Kowalkowska J, Wadolowska L, Czarnocinska J, et al (2018) Reproducibility of a Questionnaire for Dietary Habits, Lifestyle and Nutrition Knowledge Assessment

- (KomPAN) in Polish Adolescents and Adults. *Nutrients* 10:1845. <https://doi.org/10.3390/nu10121845>
56. Guzek D, Skolmowska D, Głabska D (2020) Appetitive Traits in a Population-Based Study of Polish Adolescents within the PLACE-19 Study: Validation of the Adult Eating Behavior Questionnaire. *Nutrients* 12:3889. <https://doi.org/10.3390/nu12123889>

6. Spis tabel

Tabela 1. Podział cech apetytu wg kwestionariusza Adult Eating Behaviour Questionnaire (AEBQ)	19
Tabela 2. Statystyki opisowe wskaźników demograficznych ilościowych (N = 553).....	27
Tabela 3. Charakterystyka profili żywieniowych respondentów	29
Tabela 4. Badane zmienne/ parametry, metody ich oceny oraz harmonogram pomiarów w randomizowanym badaniu kontrolowanym VEGPREV	32

7. Spis rycin

Rycina 1. Podział diet ze względu na zakres eliminacji produktów pochodzenia zwierzęcego.	17
Rycina 2. Schemat badania i zbierania danych (n – liczba uczestników).....	26
Rycina 3. Ostateczne centra skupień rozwiązania czteroskupieniowego analizy k-średnich dla zmiennych uzyskanych z kwestionariusza FFQ.....	28
Rycina 4. Diagram przepływu uczestników CONSORT.	34
Rycina 5. Dynamika zmian masy ciała wyrażona jako procentowa utrata masy ciała w trakcie 12-tygodniowej interwencji dietetycznej w zależności od rodzaju diety.....	36

8. Opinie Komisji Bioetyczne



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

KB/...../2023

Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym
w dniu 06 marca 2023 r. po zapoznaniu się z wnioskiem

Dr n. med. Anna Jagielska
Zakład Medycyny Społecznej i Zdrowia Publicznego
ul. Oczerki 3, 02-007 Warszawa

dotyczącym: wyrażenia opinii w sprawie badania pt. "Wpływ diet opartych na produktach roślinnych na wybrane parametry metaboliczne u osób z otyłością i chorobami jej towarzyszącymi."

- Badanie może być prowadzone wyłącznie w okresie obowiązywania polisy ubezpieczeniowej.

wyraża następującą opinię

- stwierdza, że jest ono dopuszczalne i zgodne z zasadami naukowo-etycznymi*.
- stwierdza, że jest ono niedopuszczalne i niezgodne z zasadami naukowo-etycznymi.*

Uwagi Komisji – verte

Komisja działa na podstawie art.29 ustawy z dnia 5.12.1996r. o zawodzie lekarza /Dz.U.nr 28/97 poz.152 wraz z późn.zm./, zarządzenia MZiOŚ z dn.11.05.1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych /Dz.U.nr 47 poz.480/, Ustawy prawo farmaceutyczne z dnia 6 września 2001r. (Dz.U.Nr 126, poz. 1381 z późn. zm.) oraz Zarządzenie nr 56/2007 z dnia 15 października 2007r. w sprawie działania Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym /Regulamin Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym/.
Komisja działa zgodnie z zasadami GCP .

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej

Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma-Kozakiewicz

*niepotrzebne skreślić

strona podpisowa do uchwały Komisji Bioetycznej przy Warszawskim
Uniwersytecie Medycznym nr KB/..... z dnia 06 marca 2023

1. Prof. dr hab. n.med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

2. Dr hab. n. med. Tomasz Grzela

3. Dr hab. n. med. Andrea Horvath-Stolarczyk

4. Dr hab. n. med. Urszula Ambroziak

5. Dr hab. n.med. Maciej Siński

6. Dr hab. n. farm. Sylwia Flis

7. Prof. dr hab. n.med Tomasz Jakimowicz

8. Dr n. med. Leszek Kraj

9. Mec. Danuta Lewandowska

10. Dr n .farm. Agata Maciejczyk

11. Dr hab. n.med. Barbara Grzechocińska

12. Dr hab. nauk hum. Piotr Aszyk, SJ

13. Mgr Anna Jasińska



**Komisja Bioetyczna
przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym**

Tel.: 022/ 57 - 20 -303

Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

AKBE/ 220 / 2024

Warszawa, dnia 09.09.2024

Dr inż. Katarzyna Okręglicka
Zakład Medycyny Społecznej
i Zdrowia Publicznego,
ul. Oczki 3,02-007 Warszawa

OŚWIADCZENIE

Niniejszym oświadczam, że Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym w dniu 09 września 2024 r. przyjęła do wiadomości informację na temat badania pt. "Wpływ diety wegetariańskiej i niewegetariańskiej na wyniki zdrowotne u osób z prawidłową masą ciała, nadwagą i otyłością."

Wyżej wymienione badanie jest zgodne z zasadami etyki badań naukowych.

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej

Prof. dr hab. n. med. Magdalena Kuźma –Kozakiewicz

9. Oświadczenia wszystkich współautorów publikacji określające indywidualny wkład w ich powstanie

9.1. Oświadczenia do publikacji nr 1

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Katarzyna Małgorzata Okręglika
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

redakcję i korektę manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 10%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określłam jako 80%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: przygotowanie koncepcji, oryginalnej wersji manuskryptu, redakcję i korektę manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)



(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Michał Oczkowski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

redakcję i korektę manuskryptu, nadzór nad realizacją pracy,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 5%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określam jako 80%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: przygotowanie koncepcji, oryginalnej wersji manuskryptu, redakcję i korektę manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)



(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Aneta Nitsch-Osuch
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Plant-Based Diets and Metabolic Syndrome Components: The Questions That Still Need to Be Answered—A Narrative Review* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

redakcję i korektę manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 5%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określłam jako 80%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: przygotowanie koncepcji, oryginalnej wersji manuskryptu, redakcję i korektę manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

KIEROWNIK
Zakład Medycyny Społecznej
i Zdrowia Publicznego
prof. dr hab. n. med. Aneta Nitsch-Osuch
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

9.2. Oświadczenia do publikacji nr 2

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Katarzyna Małgorzata Okręglicka
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

przeprowadzenie analizy danych, realizację badań, zapewnienie zasobów badawczych, opracowanie i uporządkowanie danych, współudział w przygotowaniu pierwotnej wersji manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 10%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określam jako 80%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie metodyki, przeprowadzenie analizy danych, realizację badań, zapewnienie zasobów badawczych, opracowanie i uporządkowanie danych, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)



.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Mariusz Jaworski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

współudział w przygotowaniu pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określám jako 5%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określám jako 80%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie metodyki, przeprowadzenie analizy danych, realizację badań, zapewnienie zasobów badawczych, opracowanie i uporządkowanie danych, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

dr hab.
Mariusz
Jaworski

Elektronicznie podpisany
przez dr hab. Mariusz
Jaworski
Data: 2026.01.18
17:15:24 +01'00'

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Aneta Nitsch-Osuch
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *Plant-Based vs. Animal-Based Diets: Appetitive Traits and Dietary Patterns in Adults Based on Cross-Sectional Surveys* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

nadzór merytoryczny nad realizacją pracy,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 5%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określłam jako 80%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie metodyki, przeprowadzenie analizy danych, realizację badań, zapewnienie zasobów badawczych, opracowanie i uporządkowanie danych, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

KIEROWNIK
Zakład Medycyny Społecznej
i Zdrowia Publicznego
prof. dr hab. n. med. Aneta Nitsch-Osuch
.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

9.3. Oświadczenia do publikacji nr 3

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Katarzyna Małgorzata Okręglicka
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, zapewnienie zasobów badawczych, nadzór merytoryczny nad realizacją pracy, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 7%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określam jako 70%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)



.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Monika Paskudzka
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

opracowanie i porządkowanie danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, zapewnienie zasobów badawczych, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu
mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 6%,
wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określłam jako 70%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Anna Maja Jagielska
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

przeprowadzenie analizy danych, koordynacja i administracja projektu, nadzór merytoryczny nad realizacją pracy, walidacja wyników, redakcja i korekta manuskryptu, mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 4%, wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określam jako 70%,

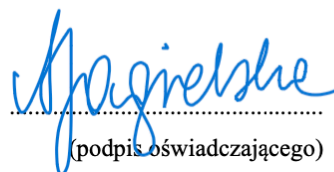
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Julia Bober
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

realizacja badań, opracowanie metodyki, redakcja i korekta manuskryptu,
mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 3%,
wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstanie publikacji określam jako 70%,

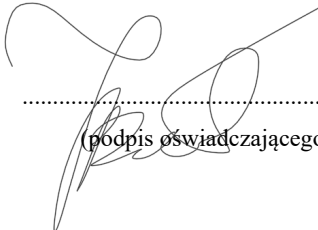
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)



.....
(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Michał Oczkowski
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, przygotowanie oprogramowania i narzędzi analitycznych, nadzór merytoryczny nad realizacją pracy, walidacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określám jako 4%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określám jako 70%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)



(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Olga Ciepiela
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

przeprowadzenie analizy danych, nadzór merytoryczny nad realizacją pracy, walidacja wyników, redakcja i korekta manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określam jako 3%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstanie publikacji określam jako 70%,

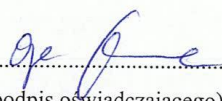
(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

objął on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)


(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników

Warszawa, 28.11.2025
(miejscowość, data)

Aneta Nitsch-Osuch
(imię i nazwisko)

OŚWIADCZENIE

Jako współautor pracy pt. *The VEGPREV study: effectiveness of four plant-based diets on weight loss, metabolic syndrome components and appetitive traits in overweight and obese individuals: a randomized controlled trial* oświadczam, iż mój własny wkład merytoryczny w przygotowanie, przeprowadzenie i opracowanie badań oraz przedstawienie pracy w formie publikacji stanowi:

przeprowadzenie analizy danych, nadzór merytoryczny nad realizacją pracy, walidacja wyników, redakcja i korekta manuskryptu,

mój udział procentowy w przygotowaniu publikacji określłam jako 3%,

wkład Klaudii Wiśniewskiej w powstawanie publikacji określłam jako 70%,

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

obejmował on: opracowanie koncepcji badania, opracowanie i porządkowanie danych, przeprowadzenie analizy danych, realizacja badań, opracowanie metodyki, koordynacja i administracja projektu, zapewnienie zasobów badawczych, interpretacja wyników, przygotowanie wizualizacji wyników, przygotowanie pierwotnej wersji manuskryptu, redakcja i korekta manuskryptu.

(merytoryczny opis wkładu kandydata do stopnia w powstanie publikacji)*

Jednocześnie wyrażam zgodę na wykorzystanie w/w pracy jako część rozprawy doktorskiej mgr Klaudii Wiśniewskiej.

(imię i nazwisko kandydata do stopnia)

KIEROWNIK
Zakład Medycyny Społecznej
i Zdrowia Publicznego

..... prof. dr hab. n. med. Aneta Nitsch-Osuch.

(podpis oświadczającego)

*w szczególności udziału w przygotowaniu koncepcji, metodyki, wykonaniu badań, interpretacji wyników