



Ocena stanu wiedzy studentów Uniwersytetu w Siedlcach na temat RFT i antyoksydantów

Assessment of level of knowledge regarding ROS and antioxidants among students at Siedlce University

Sylvia Golawska^{1,A-F}, Iwona Łukasik^{1,A-F}, Iwona Sprawka^{1,B,F}

¹ Instytut Nauk Biologicznych, Uniwersytet w Siedlcach, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Golawska S, Łukasik I, Sprawka I. Ocena stanu wiedzy studentów Uniwersytetu w Siedlcach na temat RFT i antyoksydantów. Med Og Nauk Zdr. 2025;31(3):203–210. doi:10.26444/monz/209484

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Nadmiar reaktywnych form tlenu (RFT) generuje stres oksydacyjny, który może prowadzić do rozwoju chorób cywilizacyjnych. Najskuteczniejszą formą zapobiegania chorobom jest edukacja zdrowotna, przy czym stale pogłębianą powinna być wiedza o mechanizmach obronnych organizmu. Celem pracy była ocena poziomu wiedzy o RFT i antyoksydantach studentów różnych kierunków Uniwersytetu w Siedlcach.

Materiał i metody. Badania sondażowe przeprowadzono wśród studentów Wydziału Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu oraz Nauk Rolniczych Uws.

Wyniki. Najlepszą znajomość zagadnień dotyczących roli RFT i funkcji antyoksydantów wykazali studenci biologii, najslabszą – studenci zoopsychologii z animaloterapią. Głównym źródłem informacji o antyoksydantach okazał się Internet. Poziom wiedzy na temat korzyści ze stosowania diety bogatej w przeciwutleniacze przewyższał znajomość znaczenia suplementacji. Flawonoidy i witaminy rozpuszczalne w tłuszczach były najczęściej trafnie rozpoznawane jako antyoksydanty, natomiast mniej powszechna była wiedza o wpływie witaminy C na syntezę kolagenu i metali o działaniu antyoksydacyjnym.

Wnioski. Większość studentów biorących udział w badaniu wykazała się dostateczną znajomością podstawowych pojęć związanych ze stresem oksydacyjnym i antyoksydantami, jednak poziom szczegółowej wiedzy był zróżnicowany i zależał od kierunku studiów. Wyniki wskazują na niedostateczną świadomość niektórych ważnych aspektów związanych z RFT, takich jak wpływ intensywnego wysiłku fizycznego na ich produkcję oraz udział w uszkodzeniach DNA. Studenci wykazali lepszą znajomość funkcji i źródeł antyoksydantów naturalnych w diecie w porównaniu do roli suplementacji. Istotne różnice w poziomie wiedzy pomiędzy studentami różnych kierunków sugerują potrzebę dostosowania programów edukacyjnych do specyficznych potrzeb studentów.

Słowa kluczowe

antyoksydanty, reaktywne formy tlenu, młodzież, ankieta

■ Abstract

Introduction and Objective. An excess of reactive oxygen species (ROS) generates oxidative stress, which can contribute to the development of lifestyle diseases. Health education is the most effective method of disease prevention, and knowledge about the body's defence mechanisms should be continuously expanded. The aim of this study was to assess the level of awareness regarding ROS and antioxidants among students of various specialities at Siedlce University.

Material and Methods. The survey was conducted among students of the Faculty of Science, Medical and Health Sciences, and Agricultural Sciences.

Results. The best knowledge of ROS and antioxidant functions was demonstrated by Biology students, while the lowest was observed among students of Zoopsychology with Animal Therapy. The Internet was identified as the primary source of information about antioxidants, and awareness of the benefits of an antioxidant-rich diet was higher than knowledge about supplementation. Flavonoids and fat-soluble vitamins were the most commonly recognized antioxidants, while the role of vitamin C in collagen synthesis and the antioxidant effects of certain metals were less well known.

Conclusions. Most participants demonstrated a sufficient understanding of basic oxidative stress and antioxidant-related concepts, though the level of detailed knowledge varied by field of study. The results indicate insufficient awareness of certain important aspects of ROS, such as the impact of intense physical exercise on ROS production and their role in DNA damage. Students had a better understanding of the functions and dietary sources of natural antioxidants, compared to the role of supplementation. Significant differences in knowledge among students of various specialities suggest the need to tailor educational programmes to the specific needs of students.

Key words

antioxidants, reactive oxygen species, youth, survey

✉ Adres do korespondencji: Sylvia Golawska Instytut Nauk Biologicznych, Uniwersytet w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Polska
email: sylvia.golawska@uws.edu.pl

Nadesłano: 8.02.2025; zaakceptowano do publikacji: 13.08.2025; publikacja online: 01.09.2025

WPROWADZENIE

Reaktywne formy tlenu (RFT) są to pośrednie produkty redukcji tlenu, wykazujące większą reaktywność niż tlen w stanie trypletowym. Powstają w wyniku działania czynników zewnętrznych, takich jak ultradźwięki, promieniowanie nadfioletowe czy jonizujące, ale wytwarzane są również wewnątrz komórki w reakcjach enzymatycznych czy jednoelektronowym utlenianiu zredukowanych form wielu związków przez tlen cząsteczkowy [1]. Główne RFT obejmują anionorodnik ponadtlenkowy (O_2^-), nadtlenek wodoru (H_2O_2), rodnik hydroksylowy ($\cdot OH$) czy tlen singletowy (1O_2). Najbardziej reaktywnymi formami tlenu są wolne rodniki, ponieważ posiadają one na ostatniej orbicie pojedynczy, niesparowany elektron, a dążąc do jego sparowania, powodują uszkodzenia napotkanych związków chemicznych. Charakterystyczną cechą RFT jest możliwość przechodzenia jednej formy w drugą, w wyniku czego z nisko reaktywnego anionorodnika ponadtlenkowego może powstać najbardziej toksyczny rodnik hydroksylowy. Zaburzenie równowagi pomiędzy wytwarzaniem RFT a zdolnością organizmu do ich neutralizacji za pomocą mechanizmów antyoksydacyjnych prowadzi do powstania stresu oksydacyjnego, będącego istotnym czynnikiem w etiologii wielu chorób cywilizacyjnych. Do rozwoju stresu oksydacyjnego w organizmie przyczyniają się czynniki związane ze środowiskiem i trybem życia, takie jak stres, ekspozycja na dym tytoniowy oraz spożywanie alkoholu, promieniowanie UV, intensywna aktywność fizyczna, a także nieprawidłowa dieta. Choć RFT odgrywają ważną rolę w regulacji licznych procesów biologicznych, takich jak sygnalizacja komórkowa czy obrona immunologiczna, ich nadmiar może prowadzić do uszkodzenia lipidów, białek i kwasów nukleinowych, co sprzyja rozwojowi schorzeń: miażdżycy, nowotworów oraz chorób neurodegeneracyjnych [1, 2].

W odpowiedzi na zagrożenia wynikające ze stresu oksydacyjnego organizmy tlenowe wykształciły mechanizmy obronne w postaci antyoksydantów enzymatycznych i nieenzymatycznych. Enzymatyczne mechanizmy antyoksydacyjne, oparte na aktywności dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy i peroksydazy glutationowej, należą do grupy endogennych antyoksydantów i stanowią podstawowy mechanizm neutralizacji RFT. Antyoksydanty nieenzymatyczne, takie jak kwas askorbinowy, tokoferol, selen, beta-karoten czy flawonoidy, dostarczane są do organizmu wraz z pożywieniem lub w postaci suplementów, działając zarówno w środowisku hydrofilowym, jak i hydrofobowym [3].

CEL PRACY

Świadomość społeczna dotycząca stresu oksydacyjnego oraz znaczenia antyoksydantów w profilaktyce zdrowotnej nie tylko jest istotna w kontekście indywidualnych decyzji zdrowotnych, ale stanowi również przedmiot edukacji prowadzonej w różnych grupach społecznych. Wśród osób przyswajających tę wiedzę szczególną rolę odgrywają studenci, zwłaszcza ci studiujący nauki przyrodnicze, medyczne i nauki o zdrowiu, będący potencjalnymi przyszłymi specjalistami w zakresie zdrowia i żywienia.

Celem niniejszej pracy było zbadanie poziomu wiedzy studentów różnych kierunków studiów na temat stresu oksydacyjnego i antyoksydantów. Przeanalizowano, w jakim stopniu ich świadomość dotycząca stresu oksydacyjnego

oraz znaczenia antyoksydantów w profilaktyce zdrowotnej zależy od profilu edukacji, płci czy miejsca zamieszkania, oraz z jakich źródeł czerpią informacje. Wyniki badania pozwalają nie tylko ocenić aktualny stan wiedzy w tej grupie, ale także wskazać obszary wymagające dalszych działań edukacyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Badanie przeprowadzono wśród 212 studentów (180 kobiet, 32 mężczyzn) z Wydziału Nauk Ścisłych i Przyrodniczych (WNŚP) (kierunki: biologia, analityka z diagnostyką molekularną (AzDM), biologia sądowa (BS)), Wydziału Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu (WNMZ) (kierunki: pielęgniarstwo, ratownictwo medyczne (RM), dietetyka, kosmologia, turystyka i rekreacja (TIR)) oraz Wydziału Nauk Rolniczych (WNR) (kierunki: zoopsychologia z animaloterapią, zootechnika). Wiek uczestników badania mieścił się w zakresie 17–25 lat. Badanie przeprowadzono na przełomie grudnia 2023 i stycznia 2024 roku.

Jako metodę badania zastosowano sondaż diagnostyczny, przeprowadzony za pomocą ankiety. Kwestionariusz ankiety, przygotowany specjalnie na potrzeby badania, składał się z 23 pytań. Spośród nich 18 stanowiły pytania zamknięte z jedną poprawną odpowiedzią, które dotyczyły wiedzy badanych osób na temat RFT i antyoksydantów oraz ich znaczenia dla zdrowia człowieka (tab. 1). Cztery pytania miały charakter wielokrotnego wyboru i dotyczyły źródeł informacji o RFT i antyoksydantach, ich występowania oraz stosowania suplementów antyoksydacyjnych przez respondentów. Jedno pytanie otwarte odnosiło się do chorób wywoływanych przez nadmiar wolnych rodników w organizmie.

Druga część ankiety zawierała pytania dotyczące płci, wieku, miejsca zamieszkania oraz kierunku i poziomu studiów.

Celem ankiety było ustalenie aktualnego stanu wiedzy studentów na temat antyoksydantów. Zebrany materiał badawczy zestawiono i opracowano w programie Excel, a analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu pakietu Statistica. Jako czynniki różnicujące badanych uwzględniono płeć, miejsce zamieszkania oraz kierunek studiów. Porównania wiedzy studentów na temat antyoksydantów dokonano na podstawie wyników testu χ^2 (χ^2), zestawiając liczbę poprawnych odpowiedzi w poszczególnych grupach, a różnice uznano za istotne statystycznie przy $p < 0,05$.

WYNIKI

Badaniem objęto 212 studentów, spośród których 33 osoby to studenci WNŚP, 148 – WNMZ, a 31 – WNR. Wśród studentów WNŚP 73% stanowili studenci BS, 18% studenci biologii, a 9% AzDM. Wśród studentów WNMZ 41% stanowili studenci pielęgniarstwa, 22% – dietetyki, 14% – kosmologii, 8% – RM, 15% – TIR-u. Natomiast na WNR 74% studentów to osoby studiujące na kierunku zoopsychologia z animaloterapią, a 26% na kierunku zootechnika.

Test rozpoczęto od sprawdzenia znajomości pojęć dotyczących stresu oksydacyjnego. Prawie 82% osób biorących udział w badaniu deklarowało znajomość takich terminów jak RFT czy antyoksydanty. Nie stwierdzono, aby istotny wpływ na udzielane odpowiedzi miały płeć ankietowanych, ich miejsce zamieszkania czy też profil edukacji (tab. 1).

Tabela 1. Pytania i odpowiedzi zawarte w ankiecie oraz wyniki analizy statystycznej z wykorzystaniem testu χ^2

Pytanie	Odpowiedź		Płeć		Miejsce zamieszkania		Profil edukacji	
			χ²	Poziom p	χ²	Poziom p	χ²	Poziom p
Czy słyszałeś/-aś o reaktywnych formach tlenu (RFT) i antyoksydantach?								
	tak	nie						
% odpowiedzi	82	18						
			0,012	0,91	0,413	0,52	6,29	0,71
RFT uszkadzają błony komórkowe i białka.								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	84	16						
			0,570	0,45	1,574	0,21	17,44	0,04
RFT uszkadzają DNA.								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	36	64						
			3,539	0,06	0,476	0,49	16,76	0,05
Nadmiar RFT powoduje stres oksydacyjny								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	85	15						
			1,682	0,19	0,422	0,52	14,33	0,11
RFT w optymalnym stężeniu są niezbędne do przebiegu wielu procesów metabolicznych								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	73	27						
			0,003	0,96	0,374	0,54	5,71	0,77
Intensywny wysiłek fizyczny powoduje zwiększoną produkcję RFT.								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	38	62						
			0,37	0,54	0	1	33,70	0,001
Antyoksydantami nazywamy substancje, które opóźniają, zapobiegają lub usuwają uszkodzenia oksydacyjne cząsteczki docelowej spowodowane działaniem RFT.								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	88	12						
			0,769	0,38	0,014	0,90	16,03	0,06
Aktywnymi antyoksydantami są flawonoidy								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	81	19						
			0,002	0,96	0,087	0,77	18,57	0,03
Bogatym źródłem flawonoidów są: liście herbaty, dzika róża, aronia, czarna porzeczka								
	prawda	falsz						
% odpowiedzi	90	10						
			0,522	0,47	0,169	0,68	8,11	0,52
Jeden z najbardziej znanych antyoksydantów, witamina C, oprócz unieszkodliwiania wolnych rodników bierze udział w								
	Syntezie cholesterolu	Syntezie kolagenu	Syntezie keratyny					
% odpowiedzi	18	58	24					
				0,048	0,83	0,004	0,95	20,28
								0,02
Antyoksydanty nierozpuszczalne w tłuszczach								
	Witamina C	Witamina E	Witamina A					
% odpowiedzi	84	11	5					
				0,931	0,33	0,413	0,52	12,29
								0,20
Jaki jest wpływ polifenoli na zdrowie								
	Zapobiegają chorobom serca i nowotworom	Indukują powstawanie zakrzepów						

Pytanie	Odpowiedź				Płeć		Miejsce zamieszkania		Profil edukacji	
% odpowiedzi	69		31							
β-karoten antyoksydant, występuje w										
	Brokule	Cebuli	Marchewce							
% odpowiedzi	8	9	83							
Który z owoców zawiera najwięcej witaminy C?										
	Czarna porzeczka	Cytryna	Malina	Pomarańcza						
% odpowiedzi	63	28	3	6						
Antyoksydanty chronią skórę przed promieniowaniem słonecznym										
	prawda			fałsz						
% odpowiedzi	58			42						
Właściwa dieta bogata w antyoksydanty lepiej chroni przed stresem oksydacyjnym niż suplementy										
	prawda			fałsz						
% odpowiedzi	88			12						
Niektóre metale np. Zn, Cu, Mn, Fe wykazują działanie antyoksydacyjne										
	prawda			fałsz						
% odpowiedzi	54			46						
Nadmiar antyoksydantów może niekorzystnie wpływać na funkcjonowanie organizmu.										
	prawda			fałsz						
% odpowiedzi	84			16						

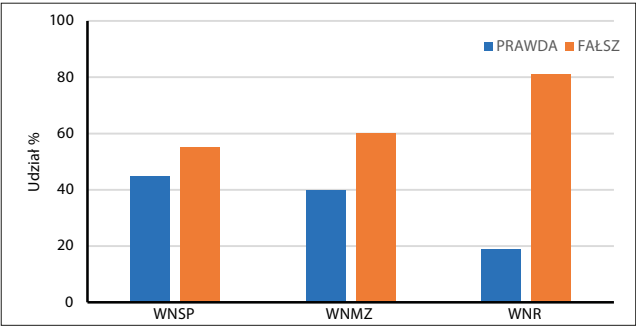
Poprawną odpowiedź oraz wynik istotny statystycznie zaznaczono pogrubionym drukiem
Źródło: badania własne

Kwestionariusze respondentów, którzy nigdy nie zetknęli się z tematyką badania, nie były poddane dalszej analizie. Studenci, którzy słyszeli o RFT i antyoksydantach, jako źródło informacji wskazywali najczęściej Internet (70%), a także zajęcia objęte programem nauczania (42%). Studenci pozyskiwali informacje także z mediów tradycyjnych, takich jak prasa, radio, TV (17%), oraz czasopism i książek (18%).

Żaden z respondentów, niezależnie od płci, nie udzielił kompletu poprawnych odpowiedzi. Ankietowane studentki najlepiej odpowiedziały na pytanie dotyczące naturalnych produktów bogatych w antyoksydanty. Poprawnej odpowiedzi udzieliło 91% badanych, z czego ponad 90% stanowiły osoby zamieszkujące tereny miejskie. Natomiast mężczyźni posiadali wiedzę dotyczącą funkcji antyoksydantów – wśród udzielonych przez nich odpowiedzi na to pytanie odnotowano 96% odpowiedzi poprawnych, z czego prawie 90% stanowiły odpowiedzi mieszkańców wsi.

Respondenci wykazali się wysokim poziomem wiedzy na temat roli RFT, udzielając 85% poprawnych odpowiedzi na pytanie dotyczące indukcji stresu oksydacyjnego przez te cząsteczki. Nieco mniej ankietowanych (73%) wiedziało o tym, że RFT w optymalnym stężeniu są niezbędne do przebiegu licznych procesów metabolicznych. Na wynik nie miała wpływu ani płeć, ani miejsce zamieszkania, ani profil edukacji (tab. 1). Natomiast zaledwie 38% uczestników badania miało świadomość, że intensywny wysiłek fizyczny powoduje zwiększoną produkcję RFT. Wiedza ta była zależna

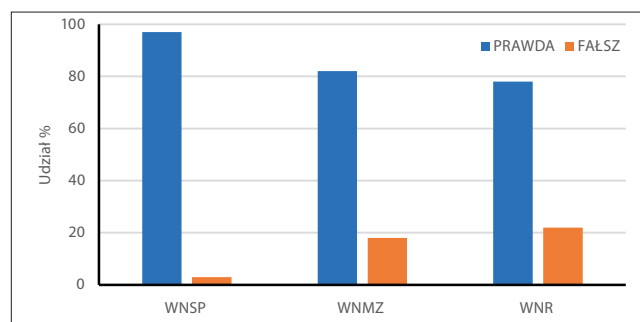
od profilu edukacji, a osoby studiujące na WNSP częściej wybierały prawidłową odpowiedź (test χ^2 z poprawką Yatesa = 33,70; $p = 0,001$) (tab. 1, ryc. 1).



Rycina 1. Rozkład odpowiedzi na pytanie „czy intensywny wysiłek fizyczny powoduje zwiększoną produkcję reaktywnych form tlenu” z podziałem na profil edukacji. Źródło: badania własne

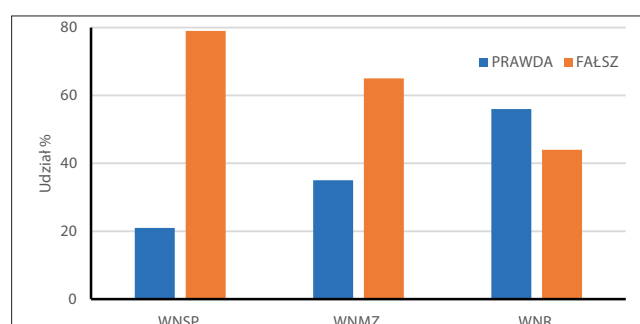
Większość osób biorących udział w badaniu wiedziała o tym, że RFT uszkadzają błony komórkowe i białka (84%). Na wynik istotny wpływ miał profil edukacji (test χ^2 z poprawką Yatesa = 17,44; $p = 0,04$) (tab. 1, ryc. 2).

36% badanych było świadomych negatywnego wpływu RFT na strukturę DNA. W tym przypadku również istotny wpływ na odpowiedzi miał profil edukacji (test χ^2 z poprawką Yatesa = 16,74; $p = 0,05$). Najlepszą znajomością



Rycina 2. Rozkład odpowiedzi na pytanie „czy reaktywne formy tlenu uszkadzają błony komórkowe i białka” z podziałem na profil edukacji. Źródło: badania własne

tego zagadnienia wykazali się studenci WNR (tab. 1, ryc. 3). Świadomość kobiet dotycząca wpływu RFT na uszkodzenia DNA nie różniła się od świadomości mężczyzn (test χ^2 z poprawką Yatesa = 3,539; $p = 0,06$) (tab. 1).



Rycina 3. Rozkład odpowiedzi na pytanie „czy reaktywne formy tlenu uszkadzają DNA” z podziałem na profil edukacji. Źródło: badania własne

Spośród podanych źródeł RFT respondenci najczęściej wskazywali palenie papierosów (50%), a następnie promieniowanie UV oraz zanieczyszczenia powietrza. Zaledwie 9% badanych wskazało owoce i warzywa w diecie jako potencjalne źródło antyoksydantów, natomiast 13% osób biorących udział w badaniu nie potrafiło wskazać źródeł RFT.

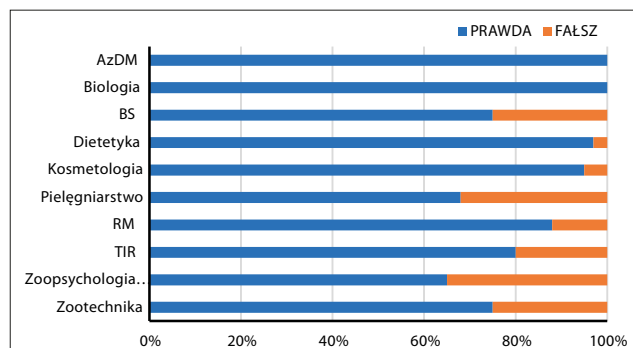
Świadomość udziału RFT w patogenezie chorób była niewystarczająca, ponieważ 50% ankietowanych nie wykazało znajomości chorób powodowanych przez nadmiar RFT. Pozostali uczestnicy badania wymieniali nowotwory (29%), chorobę Hashimoto (8%), Alzheimer (6%), Parkinsona (5%), a także udar (3,5%) oraz zawał (13,3%).

Większość studentów (88%) trafnie określiła antyoksydanty jako substancje, które opóźniają, zapobiegają lub usuwają uszkodzenia oksydacyjne cząsteczki docelowej spowodowane działaniem RFT. Siła tej zależności była bliska poziomowi istotności statystycznej, przy czym zauważalny był wpływ profilu edukacyjnego (test χ^2 z poprawką Yatesa = 16,03; $p = 0,066$) (tab. 1). Najwyższy poziom wiedzy w tym zakresie zanotowano dla studentów biologii i RM (100% poprawnych odpowiedzi), najniższy zaś dla studentów zootechniki (75%), zoopsychologii z animaloterapią (78%) i AzDM (33%).

Ankietowani trafnie wskazali źródła antyoksydantów w diecie, wymieniając czarny bez i borówki (69%), zieloną herbatę (58%), brokuły i buraki (53%) oraz truskawki i jabłka (49%), natomiast najmniej respondentów wskazało na przyprawę i zioła (24%).

Większość ankietowanych (81%) udzieliła poprawnej odpowiedzi, wskazując, że aktywnymi antyoksydantami są flawonoidy. Na udzielone odpowiedzi nie miały wpływu płeć

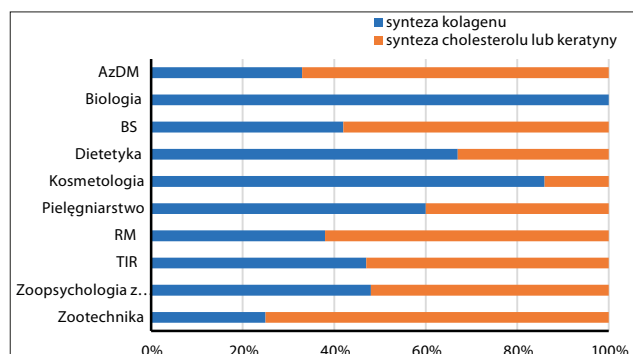
ani miejsce zamieszkania, natomiast istotny był wpływ profilu edukacji (test χ^2 z poprawką Yatesa = 18,57; $p = 0,029$) (tab. 1, ryc. 4). Wszyscy studenci biologii i AzDM podali poprawną odpowiedź, natomiast poniżej 80% prawidłowych odpowiedzi odnotowano dla studentów biologii sądowej i zootechniki (75%), pielęgniarstwa (68%) oraz zoopsychologii z animaloterapią (65%).



Rycina 4. Rozkład odpowiedzi na pytanie „czy flawonoidy są aktywnymi antyoksydantami” z podziałem na profil edukacji. Źródło: badania własne

Większość respondentów (90%) wykazała się znajomością źródeł flawonoidów, wskazując na liście herbaty, dziką różę, aronię i czarną porzeczkę, przy czym wszyscy studenci biologii, AzDM oraz RM zaznaczyli poprawną odpowiedź. Nie odnotowano, aby na udzielane odpowiedzi miały wpływ płeć, miejsce zamieszkania i profil edukacji (tab. 1).

Odminną tendencję zanotowano w przypadku odpowiedzi na pytanie dotyczące udziału witaminy C w syntezie kolagenu, a mianowicie 58% respondentów wykazała się znajomością roli kwasu askorbinowego w powstawaniu tego białka. Na udzielone odpowiedzi nie miały wpływu płeć ani miejsce zamieszkania, natomiast istotny wpływ odnotowano dla profilu edukacji (test χ^2 z poprawką Yatesa = 20,28; $p = 0,016$). Wszyscy studenci kierunku biologia udzielili poprawnej odpowiedzi, natomiast większość (75%) studentów zootechniki nie posiadała wiedzy w zakresie oddziaływania witaminy C na tworzenie kolagenu. Odsetek poprawnych odpowiedzi udzielonych przez studentów WNMZ wahał się od 86% na kierunku kosmetologia do 38% na kierunku ratownictwo medyczne (tab. 1, ryc. 5).

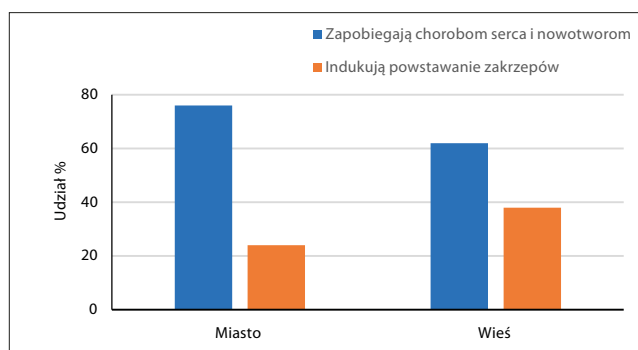


Rycina 5. Rozkład odpowiedzi dotyczący funkcji witaminy C z podziałem na profil edukacji. Źródło: badania własne

Ankietowani studenci prawidłowo wskazali antyoksydanty rozpuszczalne w tłuszczach, gdyż niewłaściwej odpowiedzi w tym zakresie udzieliło zaledwie 16% studentów. Wszyscy studenci kierunków AzDM, a także biologii i zootechniki

potrafiли wymienić witaminy E i A jako rozpuszczalne w tłuszczach, natomiast na WNMZ odsetek poprawnych odpowiedzi wahał się od 90% dla studentów kosmetologii do 75% dla studentów RM. W przypadku studentów kierunków dietetyka i pielęgniarstwo odnotowano odpowiednio 80% i 83% poprawnych odpowiedzi. Na udzielone odpowiedzi nie miała wpływu płeć, miejsce zamieszkania ani profil edukacji (tab. 1).

69% respondentów prawidłowo wskazało polifenole jako fitozwiązki zapobiegające chorobom serca i nowotworom. Na udzielone odpowiedzi miało wpływ miejsce zamieszkania, przy czym stwierdzono, że siła tego związku była bliska istotności statystycznej (test χ^2 z poprawką Yatesa = 3,24; $p = 0,072$) (tab. 1). 76% osób mieszkających w mieście i 62% mieszkańców wsi udzieliło poprawnej odpowiedzi (ryc. 6). Nie stwierdzono wpływu płci i kierunku studiów na udzielone odpowiedzi na to pytanie, natomiast dla studentów kierunków pielęgniarstwo, RM i zoopsychologia z animaloterapią zanotowano odpowiednio 60, 63 i 61% poprawnych wskazań.

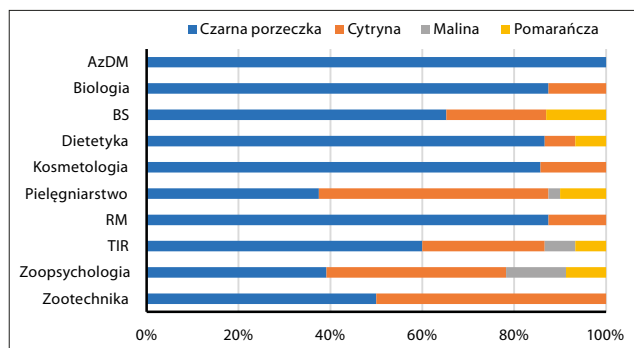


Rycina 6. Rozkład odpowiedzi dotyczący wpływu polifenoli na zdrowie człowieka z podziałem na miejsce zamieszkania. Źródło: badania własne

Większość (83%) osób biorących udział w badaniu była świadoma, że marchew jest cennym źródłem beta-karotenu. Z kolei 16% kobiet i 25% mężczyzn oraz 24% mieszkańców miast i 38% osób mieszkających we wsi podało niepoprawną odpowiedź, wymieniając brokuł lub cebulę jako źródło beta-karotenu. Na udzielane odpowiedzi nie miały wpływu płeć, miejsce zamieszkania ani kierunek studiów (tab. 1).

Ponad połowa ankietowanych osób (63%) prawidłowo wskazała czarną porzeczkę jako owoc zawierający najwięcej witaminy C, podczas gdy cytrynę, malinę i pomarańczę wybrało odpowiednio 28%, 3% oraz 6% studentów. Nie odnotowano wpływu płci i miejsca zamieszkania na udzielone odpowiedzi, natomiast stwierdzono wpływ kierunku studiów (test χ^2 z poprawką Yatesa = 33,73; $p < 0,005$) (tab. 1). Odsetek poprawnych odpowiedzi wahał się od 63% do 100% dla studentów WNSP oraz od 38% do 88% dla osób studiujących na WNMZ. Wśród studentów zootechniki odnotowano 50% poprawnych odpowiedzi, a wśród osób studiujących na kierunku zoopsychologia z animaloterapią – 39% (ryc. 7).

Nieco ponad połowa respondentów (58%) wykazała się wiedzą na temat roli antyoksydantów w ochronie skóry przed promieniowaniem słonecznym. Z kolei ponad 88% ankietowanych było świadomych, że dieta bogata w antyoksydanty lepiej chroni przed stresem oksydacyjnym niż stosowanie suplementów. Na udzielane odpowiedzi nie miały wpływu płeć, miejsce zamieszkania ani kierunek studiów (tab. 1).



Rycina 7. Rozkład odpowiedzi na pytanie „który z owoców zawiera najwięcej witaminy C” z podziałem na profil edukacji. Źródło: badania własne.

10% osób uczestniczących w badaniu nie stosowało antyoksydantów w postaci suplementów. Pozostali ankietowani najczęściej stosowali suplementację preparatami zawierającymi witaminę C (79%), witaminę E (22%), witaminę A (30%), koenzym Q10 (14%) i selen (10%).

Nieco ponad połowa respondentów (54%) była świadoma, że niektóre metale wykazują właściwości antyoksydacyjne. Największy odsetek poprawnych odpowiedzi na ten temat zanotowano dla studentów AzDM (100% poprawnych odpowiedzi), najniższy zaś dla studentów TIR-u (33% poprawnych odpowiedzi). W przypadku studentów kierunków biologia, RM, pielęgniarstwo i kosmetologia prawidłowe odpowiedzi wskazało odpowiednio 83%, 88%, 65% i 57% ankietowanych. Stwierdzono, że siła wpływu kierunku studiów była bliska istotności statystycznej (test χ^2 z poprawką Yatesa = 16,25; $p = 0,062$) (tab. 1).

Ankietowani wykazali się wysoką świadomością niekorzystnego wpływu nadmiaru antyoksydantów na funkcjonowanie organizmu człowieka. W tym przypadku udzielono aż 84% poprawnych odpowiedzi. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w odpowiedziach ze względu na płeć, miejsce zamieszkania ani kierunek studiów.

DYSKUSJA

Reaktywne formy tlenu (RTF) są naturalnym produktem metabolizmu komórkowego, jednak ich nadmiar prowadzi do uszkodzeń i modyfikacji białek, tłuszczów oraz kwasów nukleinowych. Kumulacja tych uszkodzeń przyczynia się do rozwoju chorób układu krążenia, a także chorób neurodegeneracyjnych, autoimmunologicznych, nowotworów oraz stanów zapalnych [4, 5]. Wiedza o oddziaływaniu RFT na ludzki organizm oraz na temat prewencyjnej roli antyoksydantów ma kluczowe znaczenie dla zdrowia, umożliwiając podejmowanie określonych działań profilaktycznych.

Przeprowadzone badanie wykazało, że większość studentów zna pojęcie antyoksydantów, jednak poziom wiedzy w zakresie ich funkcji był niewystarczający. 42% respondentów deklarowało pozyskiwanie informacji na temat antyoksydantów z zajęć dydaktycznych, co potwierdza zasadność uwzględnienia tematyki stresu oksydacyjnego w programach nauczania na poziomie średnim i wyższym. Respondentami badania byli głównie studenci pierwszego roku kierunków takich jak pielęgniarstwo, kosmetologia, ratownictwo medyczne czy zootechnika, co wskazuje na możliwość pogłębiania przez nich wiedzy w trakcie studiów.

RFT w komórkach są generowane przez mitochondrialny łańcuch oddechowy, retikulum endoplazmatyczne, peroksy-somy czy enzymy, takie jak oksydazy NADPH, lipooksygenazy i cyklooksigenazy [6]. Stężenie RFT w komórkach może wzrastać także pod wpływem czynników środowiskowych, m.in. dymu papierosowego, promieniowania UV, metali ciężkich, ozonu, alergenów, toksyn, zanieczyszczeń czy pestycydów [7, 8]. Ankietowani studenci wykazali się wysoką świadomością w zakresie wpływu środowiska na poziom RFT, najczęściej jako źródła RFT wskazując dym papierosowy, promieniowanie UV i zanieczyszczenia powietrza. Zaledwie 38% respondentów знаło związek między wysiłkiem fizycznym a poziomem RFT w organizmie, wynikający ze zwiększonego zużycia tlenu przez mięśnie podczas aktywności aerobowej. Prowadzi to do wycieku elektronów z mitochondrialnego łańcucha transportu elektronów, podnosząc poziom RFT [9]. Chociaż podwyższone stężenie RFT zagraża integralności komórkowej, pełni także funkcję sygnalizacyjną, aktywując mechanizmy antyoksydacyjne [10].

W stanie homeostazy RFT pełnią ważne funkcje fizjologiczne, uczestnicząc w odpowiedzi immunologicznej, regulacji ekspresji genów, transporcie glukozy do komórek czy przebiegu reakcji zapalnej [5, 11]. Jednak ich nadmiar prowadzi do stresu oksydacyjnego definiowanego jako zaburzenie równowagi pomiędzy tempem powstawania RFT a wydolnością mechanizmów antyoksydacyjnych, czego efektem są uszkodzenia na poziomie molekularnym [12]. Większość studentów (78%) wykazała znajomość pozytywnej roli RFT w przebiegu procesów metabolicznych, jednocześnie mając świadomość, że nadmiar RFT indukuje stres oksydacyjny w organizmie. Przeważająca część ankietowanych prawidłowo zidentyfikowała negatywny wpływ RFT na strukturę białek i błon komórkowych, jednak zaledwie 1/3 studentów posiadała wiedzę w zakresie oddziaływania RFT na DNA. RFT powodują utlenianie reszt aminokwasowych w białkach, co prowadzi do fragmentacji, agregacji i modyfikacji łańcuchów białkowych, a w konsekwencji do utraty właściwości biologicznych białek [13]. RFT inicjują peroksydację lipidów, utleniając reszty wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, wchodzące w skład fosfolipidów błon komórkowych. Produkty peroksydacji lipidów, m.in. 4-hydroksynonenal, dialdehyd malonowy i 4-hydroksyheksanal, oddziałują na białka i kwasy nukleinowe, powodując ich uszkodzenia i wpływając na przebieg procesów metabolicznych [14]. Nadmiar RFT może również zagrażać stabilności materiału genetycznego, wywołując uszkodzenia oksydacyjne w DNA. Produktem takich uszkodzeń jest np. 8-hydrokso-2'-deoksyguanozyna (8-OH-dG), której wysokie stężenie powoduje powstawanie punktowych mutacji DNA [15].

Kumulacja uszkodzeń powodowanych przez RFT przyczynia się do rozwoju wielu chorób, m.in. układu krążenia, chorób neurodegeneracyjnych, autoimmunologicznych oraz nowotworów [6, 16]. Połowa ankietowanych studentów nie potrafiła podać przykładów chorób, których przyczyną jest stres oksydacyjny, co wskazuje na niski poziom wiedzy ankietowanych w zakresie wpływu RFT na organizm człowieka. Podobne wyniki uzyskały Kantorowicz i Więcek [17], które zbadały stan wiedzy studentów krakowskich uczelni na temat działania i znaczenia wolnych rodników oraz antyoksydantów w organizmie. W tym samym badaniu 85% mężczyzn po 55. roku życia udzieliło poprawnej odpowiedzi na pytanie, co to są wolne rodniki i za co są odpowiedzialne w organizmie. Świadczy to o rosnącej wraz z wiekiem świadomości

zdrowotnej, a jednocześnie potrzebie edukacji wszystkich grup wiekowych w zakresie oddziaływania stresu oksydacyjnego na organizm.

Ważnym elementem profilaktyki chorób cywilizacyjnych jest odpowiednio zbilansowana dieta, bogata w naturalne antyoksydanty, takie jak witaminy A, C, E, składniki mineralne, flawonoidy oraz polifenole. Aż 88% ankietowanych prawidłowo zdefiniowało antyoksydanty jako związki zapobiegające uszkodzeniom wywołanym przez RFT oraz potrafiło wskazać ich źródła w żywności, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi w innych badaniach [18–20]. Odminną diagnozę dotyczącą świadomości żywieniowej młodzieży postawiły Kantorowicz i Więcek [17], stwierdzając słabą znajomość źródeł witamin antyoksydacyjnych wśród studentów krakowskich uczelni.

Mimo zadowalającej wiedzy na temat źródeł antyoksydantów w diecie zaledwie połowa ankietowanych studentów wiedziała, że metale również mogą wykazywać działanie przeciwutleniające. Pierwiastki śladowe, takie jak selen, miedź, cynk, mangan i żelazo, są elementem obrony nieenzymatycznej, jak również znacząco wpływają na aktywność enzymów antyoksydacyjnych [21]. Ich nadmiar może działać toksycznie, powodując m.in. osłabienie, niedokrwistość, dolegliwości ze strony układu pokarmowego czy układu nerwowego [22]. Z przeprowadzonej ankiety wynika, że zdecydowana większość studentów ma świadomość negatywnych skutków nadmiaru antyoksydantów. Najnowsze badania wskazują, że wywołany nadmiernym stężeniem antyoksydantów stres redukcyjny może prowadzić do uszkodzeń serca i mięśni szkieletowych [16]. Dlatego też dawki przyjmowanych suplementów antyoksydacyjnych powinny być stosowane ostrożnie i dobierane indywidualnie w zależności od stanu zdrowia i przyjmowanych leków. Najczęściej stosowanym przez ankietowanych studentów suplementem był kwas askorbinowy. Kwas askorbinowy uznawany jest za substancję o wysokim profilu bezpieczeństwa, jednak w warunkach *in vitro* może wykazywać działanie prooksydacyjne w obecności jonów metali przejściowych [23]. Ponadto podawanie witamin antyoksydacyjnych pacjentom w trakcie terapii przeciwnowotworowych może obniżać efektywność terapii onkologicznych ze względu na ochronne działanie względem komórek nowotworowych [24].

Wyniki przeprowadzonego badania ujawniają umiarkowanie wysoki poziom wiedzy studentów w zakresie reaktywnych form tlenu i antyoksydantów, wskazując jednocześnie na potrzebę dalszego jej pogłębiania. Należy podkreślić, że badaniem objęto studentów kierunków, których program nauczania uwzględnia liczne przedmioty z zakresu nauk biologicznych, takie jak biochemia, fizjologia, mikrobiologia czy genetyka. Zasadna wydaje się kontynuacja badań z udziałem studentów kierunków ścisłych, humanistycznych czy społecznych oraz uczniów szkół średnich, co pozwoliłoby na uzyskanie szerszego obrazu stanu wiedzy populacji młodych ludzi. Kluczowym aspektem pozostaje intensyfikacja edukacji zdrowotnej w ramach programów akademickich oraz promowanie świadomych postaw prozdrowotnych, obejmujących racjonalne żywienie, odpowiedzialną suplementację oraz unikanie czynników nasilających stres oksydacyjny.

WNIOSKI

1. Studenci biorący udział w badaniu cechowali się znacznym poziomem wiedzy na temat roli reaktywnych form tlenu (RFT) oraz antyoksydantów w funkcjonowaniu organizmu człowieka.
2. Spośród analizowanych zmiennych, którymi były profil edukacyjny badanych, płeć i miejsce zamieszkania, najsilniejszy wpływ na poziom wiedzy wykazywał profil edukacyjny.
3. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność poszerzania edukacji w zakresie wpływu RFT i antyoksydantów na zdrowie człowieka, szczególnie w kontekście profilaktyki chorób cywilizacyjnych.

PIŚMIENICTWO

1. Sies H, Jones DP. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2020;21:363–383. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-0230-3>
2. Zaric B, Macvanin MT, Isenovic ER. Free radicals: relationship to human diseases and potential therapeutic applications. *Int J Biochem Cell Biol.* 2023;154:106346. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2022.106346>
3. Haida Z, Hakimian M. A comprehensive review on the determination of enzymatic assay and nonenzymatic antioxidant activities. *Food Sci Nutr.* 2019;7:1555–1563. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1012>
4. Anik MI, Mahmud N, Masud AA, et al. Role of reactive oxygen species in aging and age-related diseases: a review. *ACS Appl Bio Mater.* 2022;5:4028–4054. <https://doi.org/10.1021/acsabm.2c00411>
5. Jopkiewicz S. Stres oksydacyjny. Część I. Stres oksydacyjny jako czynnik rozwoju chorób cywilizacyjnych. *Med Środow-Environ Med.* 2018;21(2):48–52.
6. Afzal S, Abdul Manap AS, Attiq A, et al. From imbalance to impairment: the central role of reactive oxygen species in oxidative stress-induced disorders and therapeutic exploration. *Front Pharmacol.* 2023;14:1269581. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1269581>
7. Dos Santos AA, López-Granero C, Farina M, et al. Oxidative stress, caspase-3 activation and cleavage of ROCK-1 play an essential role in MeHg-induced cell death in primary astroglial cells. *Food Chem Toxicol.* 2018;113:328–336. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.057>
8. Mahajan P, Singh HP, Kaur S, et al. β -Pinene moderates Cr (VI) phytotoxicity by quenching reactive oxygen species and altering antioxidant machinery in maize. *Environ Sci Pollut Res.* 2019;26:456–463. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3562-1>
9. Espinosa A, Casas M, Jaimovich E. Energy (and reactive oxygen species generation) saving distribution of mitochondria for the activation of ATP production in skeletal muscle. *Antioxidants* 2023;12(8):1624. <https://doi.org/10.3390/antiox12081624>
10. Zulfahmidah Z, Safei I. The role of reactive oxygen species in muscle: beneficial/harmful. *Green Med J.* 2022;4(3):84–92. <https://doi.org/10.33096/gmj.v4i3.129>
11. Bardaweel SK, Gul M, Alzweiri M, et al. Reactive oxygen species: the dual role in physiological and pathological conditions of the human body. *Eurasian J Med.* 2018;50(3):193–201.
12. Hajam YA, Rani R, Ganie SY, et al. Oxidative stress in human pathology and aging: molecular mechanisms and perspectives. *Cells* 2022;11(3):552. <https://doi.org/10.3390/cells11030552>
13. Kehm R, Baldensperger T, Raupbach J. Protein oxidation – formation mechanisms, detection and relevance as biomarkers in human diseases. *Redox Biol.* 2021;42:101901. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101901>
14. Kaczmarek A, Sieradocha K, Dotka M, et al. Oxidatively modified protein products and lipid peroxidation products in hypertensive patients. *Arterial Hypertens.* 2023;27(3):133–144. <https://doi.org/10.5603/ah.95806>
15. Korkmaz KS, Butuner BD, Roggenbuck D. Detection of 8-OHdG as a diagnostic biomarker. *J Lab Precis Med.* 2018;3:95.
16. Shanmugam G, Wang D, Gounder SS, et al. Reductive stress causes pathological cardiac remodeling and diastolic dysfunction. *Antiox Redox Signal.* 2020;32(18):1293–1312. <https://doi.org/10.1089/ars.2019.7808>
17. Kantorowicz M, Więcek M. Poziom świadomości żywieniowej mężczyzn na temat źródeł antyoksydantów i znaczenia równowagi prooksydacyjno-antyoksydacyjnej organizmu dla zdrowia. *Państwo i Społeczeństwo.* 2016;16(4):27–36.
18. Wąskiewicz A. Jakość żywienia i poziom wiedzy zdrowotnej u młodych dorosłych Polaków – badanie WOBASZ. *Probl Hig Epidemiol.* 2010;91(2):233–237.
19. Marzec Z, Koch W. Ocena pobrania wybranych składników odżywczych całodziennymi racjami pokarmowymi studentów. *Probl Hig Epidemiol.* 2013;94(3):619–621.
20. Chłopicka J, Paśko P, Zachwieja Z. Ocena sposobu żywienia studentów Wydziału Farmaceutycznego Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w latach 2003 i 2004. Część II Witaminy. *Żyw Człow Metab.* 2007;34(1/2):684–690.
21. Wołonciej M, Milewska E, Roszkowska-Jakimiec W. Pierwiastki śladowe jako aktywatory enzymów antyoksydacyjnych. *Postepy Hig Med Dosw.* 2016;70:1483–1498.
22. Mehri A. Trace elements in human nutrition (II) – an update. *Int J Prev Med.* 2020;11:2.
23. Kaźmierczak-Barańska J, Boguszewska K, Adamus-Grabicka A, et al. Two faces of vitamin C – antioxidative and pro-oxidative agent. *Nutrients* 2020;12(5):1501. <https://doi.org/10.3390/nu12051501>
24. Maksimowicz TM, Maksimowicz M, Złoga M, et al. Oksydanty/antyoksydanty w żywieniu chorych na nowotwory. *Bromat Chem Toksykol.* 2011;3:442–445.