



ANALIZA ZAWARTOŚCI TIOCYJANIANÓW W WYBRANYCH WARZYWACH KRZYŻOWYCH (*CRUCIFERAE*)

Anna Przybylska¹, Aleksandra Mariańska¹, Marcin Koba¹

¹Katedra Toksykologii i Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Collegium Medicum w Bydgoszczy,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska

Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, ISSN (on-line) 2353-9054

Adres do korespondencji

Anna Przybylska, Katedra Toksykologii i Bromatologii, Wydział Farmaceutyczny, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. A. Jurasza 2, 85–089 Bydgoszcz, Polska; e-mail: aniacm@cm.umk.pl

DOI

10.32383/bct/159162

ORCID

Anna Przybylska –  0000-0002-7597-8156

Aleksandra Mariańska –  0000-0002-1801-0245

Marcin Koba –  0000-0003-0623-1443

Źródła finansowania

Nie wskazano źródeł finansowania

Konflikt interesów

Nie istnieje konflikt interesów

Copyright

© Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne

To jest artykuł o otwartym dostępie,
na licencji CC BY NC

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Otrzymano: 2022.05.27

Zaakceptowano: 2023.01.10

Opublikowano on-line: 2023.01.25

ANALYSIS OF THIOCYANATE CONTENT IN SELECTED CRUCIFEROUS VEGETABLES (*CRUCIFERAE*)

Subject of study. *Cruciferae* (*Cruciferae*) vegetables are a popular element in the diet of Poles. Cruciferous vegetables include: head cabbage, broccoli, cauliflower, Brussels sprouts, kale, spinach and rapeseed. Cruciferous plants are of interest in medicine for their anti-cancer activity. The chemopreventive effect is related to the presence of glucosinolates and their hydrolysis products: thiocyanates, isothiocyanates and nitriles. These compounds prevent the

development of cancers of the breast, lung, prostate and large intestine. However, excessive consumption of thiocyanates can result in decreased production of thyroid hormones. The available literature lacks data on the amount of thiocyanates in cruciferous vegetables and the amount of their consumption by Poles.

Purpose of research. The aim of the research was to determine the content of thiocyanates and to compare them in nine cruciferous vegetables (*Cruciferae*). The tested material was head cabbage, cauliflower, broccoli, spinach, kale, brussels sprouts, chinese cabbage, pak choi and broccoli sprouts. In addition, the aim was also to compare the content of thiocyanates within the edible parts of the same plant (Chinese cabbage leaves and stalks and pak choi) and to compare the thiocyanate content of broccoli sprouts as well as broccoli florets.

Material and methods. The colorimetric method was used in the research. Extraction of thiocyanates was carried out using 5% trichloroacetic acid. Thiocyanates in acidic environment react with Fe^{3+} ions to form blood-red complexes. The reaction products are $Fe(SCN)_2^+$ to $Fe(SCN)_6^{3-}$ complexes. Absorbance measurements were made using a UV-VIS spectrophotometer at a wavelength of 470 nm.

Results. The concentration of thiocyanates determined in cruciferous vegetables varied, but most often it was between 10–20 mg/kg fresh weight. Among the tested cruciferous vegetables, the highest content of thiocyanates was found in spinach (8,408 mg/100 g fresh weight) and in broccoli sprouts (5,904 mg/100 g fresh weight). Chinese cabbage leaves and pak choi were a richer source of thiocyanates than their stems. The concentration of thiocyanates in broccoli sprouts was several times higher than in broccoli florets.

Conclusions. Studies have shown that the concentration of thiocyanates varies within the same plant. The content of thiocyanates varies depending on the plant tissue tested. In the study, the cruciferous vegetable richest in thiocyanates was spinach. Due to the approximately six times higher concentration of thiocyanates in the leaves of white cabbage and pak choi than in their stems, it is more advantageous to prepare dishes with the use of cabbage leaves.

Keywords: cabbage, *Cruciferae*, thiocyanate, cruciferous vegetables.

WSTĘP

Warzywa krzyżowe (*Cruciferae*) to szeroka grupa roślin – brokuły, kalafior, brukselka, pak choi oraz różne gatunki kapusty, które są spożywane najczęściej ugotowane, lub surowe, np. rukola, jarmuż, rzodkiewka czy kiełki brokułu [1]. Warzywa krzyżowe (*Cruciferae*) swoją nazwę zawdzięczają ułożeniu płatków korony wokół działek kielicha. *Cruciferae* ujęte zostały w systemie klasyfikacji roślin okrytonasiennych Reveala, co zostało zaprezentowane w tabeli 1.

Tabela 1. Klasyfikacja warzyw krzyżowych (*Cruciferae*).**Table 1.** Classification of cruciferous vegetables (*Cruciferae*).

Gromada	<i>Magnoliophyta</i> Cronquist (okrytonasienne)
Klasa	<i>Rosopsida</i>
Podklasa	<i>Dilleniidae</i> (ukęślowe)
Nadrząd	<i>Capparanae</i>
Rząd	<i>Capparales</i> Hutch. (kaparowce)
Rodzina	<i>Cruciferae</i> (krzyżowe) <i>Brassicaceae</i> Burnett (kapustowate)

Warzywa krzyżowe charakteryzują się niską zawartością tłuszczu (< 1 g/100 g ś.m.), białka (< 1–3,28 g/100g ś.m.), jak również węglowodanów (0,35–10 g/100 g ś.m.) [1]. *Cruciferae* zawierają również dużo błonnika, który usprawnia perystaltykę przewodu pokarmowego, co jest wyraźnym wskazaniem do spożywania tej grupy roślin w diecie bogatoresztkowej. Co więcej, działanie przeciwnowotworowe roślin z rodziny *Cruciferae* związane jest z obecnością glukozynolanów, izotiocyjanianów, tiocyjanianów i nitryli [2–4]. Ponadto, warzywa krzyżowe stanowią cenne źródło makroelementów, takich jak sód, potas, wapń, magnez i fosfor [1].

Metabolitami wtórnymi warzyw krzyżowych są glukozynolany [1, 5], których budowa chemiczna składa się z cząsteczki glukozy, siarki oraz łańcucha bocznego aglikonu (6). W skład łańcucha bocznego mogą wchodzić aminokwasy alifatyczne (walina, metionina, alanina, leucyna oraz izoleucyna), aromatyczne (fenyloalanina lub tyrozyna) lub indolowe (tryptofan) [7–8]. Glukozynolany są hydrolizowane pod wpływem enzymu mirozynazy [3]. Mirozynaza znajdująca się w komórkach warzyw krzyżowych jest magazynowana oddzielnie od glukozynolanów i zostaje uwolniona z komórek w procesie krojenia, żucia, miażdżenia roślin [7, 9]. Głównym zadaniem tego enzymu jest rozkład wiązania β -tioglukozydowego [9]. W wyniku działania mirozynazy powstaje cząsteczka glukozy oraz niestabilny związek tiohydroksym-O-sulfonowy, który jest przekształcany do tiocyjanianów, izotiocyjanianów oraz nitryli, w zależności od pH roztworu

[3, 10]. Hydroliza glukozynolanów do tiocyjanianów, nitryli i izotiocyjanianów jest możliwa pod wpływem mirozynazy [2, 10]. Na proces omówiony powyżej oprócz pH wpływają również białko epitiospecyficzne (ESP) oraz jony metali [3, 10]. Mirozynaza jest enzymem termo wrażliwym, lecz jej inaktywacja zachodzi w temperaturze 90°C, np. podczas gotowania [7]. W przypadku inaktywacji mirozynazy występującej w komórkach roślinnych, glukozynolany mogą być hydrolizowane przez mirozynazę występującą w mikroflorze żołądkowo-jelitowej człowieka [11]. Wpływ na ten proces mogą mieć bakterie *Escherichia coli*, *Bacteroides vulgatus* oraz *Bifidobacterium* spp. [3].

W dostępnej literaturze brakuje informacji dotyczącej zawartości tiocyjanianów w wybranych warzywach krzyżowych dostępnych na polskim rynku. Wobec powyższego celem artykułu była ocena zawartości tiocyjanianów w dziewięciu różnych warzywach krzyżowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badany stanowił zbiór dziewięciu warzyw, które zostały zakupione na przełomie lutego/marca w jednym z bydgoskich supermarketów (rycina 1). W pierwszym etapie badań z kapusty głowiastej oraz brukselki zdjęto liście wierzchnie. Kapustę pekińską i pak choi podzielono na część białą (łodygę) i zieloną (liście). Różyczki brokułu i kalafiora zostały oddzielone od łodygi, a liście szpinaku, jarmużu oraz kiełki brokułu wykorzystano w całości. Wymienione próbki rozdrobniono w mrożdzierzu za pomocą pistla.



Rycina 1. Warzywa krzyżowe użyte w badaniach własnych.

Figure 1. Cruciferous vegetables used in the own research.

Po rozdrobnieniu badanego materiału przygotowano naważki o masie 5 g. Następnie do każdej z nich dodano 45 ml 5% kwasu trichlorooctowego. Tak przygotowane próbki wytrząsano na wytrząsarce przez 10 minut, przy obrotach 560 obr./min. Następnie materiał roślinny odwirowano w wirówce przy obrotach 3000 obr./min. przez 10 minut. Po odwirowaniu próbki przesączono przez sączek. Pobrano 2 mL ekstraktu i dodano 2 mL azotanu żelaza. Próba ślepa została przygotowana przez pobranie do próbki 2 mL wody destylowanej i 2 mL azotanu żelaza. Zmierzono absorbancję przy długości fali 470 nm. Absorbancja została zmierzona w czasie nie dłuższym niż 5 minut [14]. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach dla tej samej próbki.

W celu wykonania krzywej wzorcowej, przygotowano roztwór roboczy o stężeniu 33,4 mg rodanku potasu, a następnie metodą kolejnych rozcieńczeń wykonano serię roztworów wzorcowych w zakresie stężeń 1–12 $\mu\text{g/mL}$ SCN^- . Stężenie tiocyjanianów w surowych warzywach krzyżowych obli-

czono z wykorzystaniem równania przy użyciu siedmiopunktowej krzywej kalibracyjnej ($y = 0,0385 x - 0,0165$; $R^2 = 0,9985$).




Obliczenia statystyczne wykonano przy użyciu programu statystycznego STATISTICA PL v. 13 (StatSoft, USA). Zbadano rozkład normalny, stosując test Shapiro-Wilka ($p < 0,05$). Istotność statystyczną różnic pomiędzy stężeniem tiocyjanianów w badanych grupach warzyw sprawdzono przy użyciu testu nieparametrycznego U-Manna Whitneya, przyjmując poziom istotności $p < 0,05$.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wszystkie analizowane warzywa krzyżowe i ich badane części charakteryzowały się bardzo zróżnicowanym stężeniem tiocyjanianów, których średnia zawartość wynosiła 24,76 mg/kg. W badaniach własnych stwierdzono wyższe stężenie tiocyjanianów w zielonych warzywach krzyżowych i ich liściach lub różyczkach w porównaniu z ich łodygami oraz białymi warzywami ($p < 0,05$). Zawartość tiocyjanianów w białych częściach kapusty pekińskiej, pak choi oraz kalafiora mieściła się w średnim zakresie 2,922–4,851 mg/kg (tabela 2), a w zielonych między 10,344 a 84,079 mg/kg (tabela 3). Najliczniejszy przedział zawartości tiocyjanianów był zawarty pomiędzy 10 a 20 mg/kg jonów SCN⁻. Najwyższe średnie stężenie tiocyjanianów stwierdzono w szpinaku (84,079 mg/kg), a najniższe w białych częściach łodygi kapusty pekińskiej (2,922 mg/kg). W badaniach porównano również zawartość tiocyjanianów w liściach (część zielona) i łodydze (część biała) kapusty pekińskiej oraz pak choi (rycina 2).

Tabela 2. Średnia zawartość tiocyjanianów (SCN⁻) w badanych białych częściach analizowanych produktów (n = 3).

Table 2. Mean content of thiocyanate (SCN⁻) in the tested white parts of the analyzed products (n = 3).

Warzywo	Fotografia	Średnie stężenie SCN ⁻ ± STD		
		[mg/50 g]	[mg/100g]	[mg/kg]
Kapusta pekińska		0,146 ± 0,001	0,292 ± 0,001	2,922 ± 0,012
Pak choi		0,157 ± 0,001	0,314 ± 0,001	3,136 ± 0,012
Kalafior		0,243 ± 0,001	0,485 ± 0,001	4,851 ± 0,012

STD – odchylenie standardowe

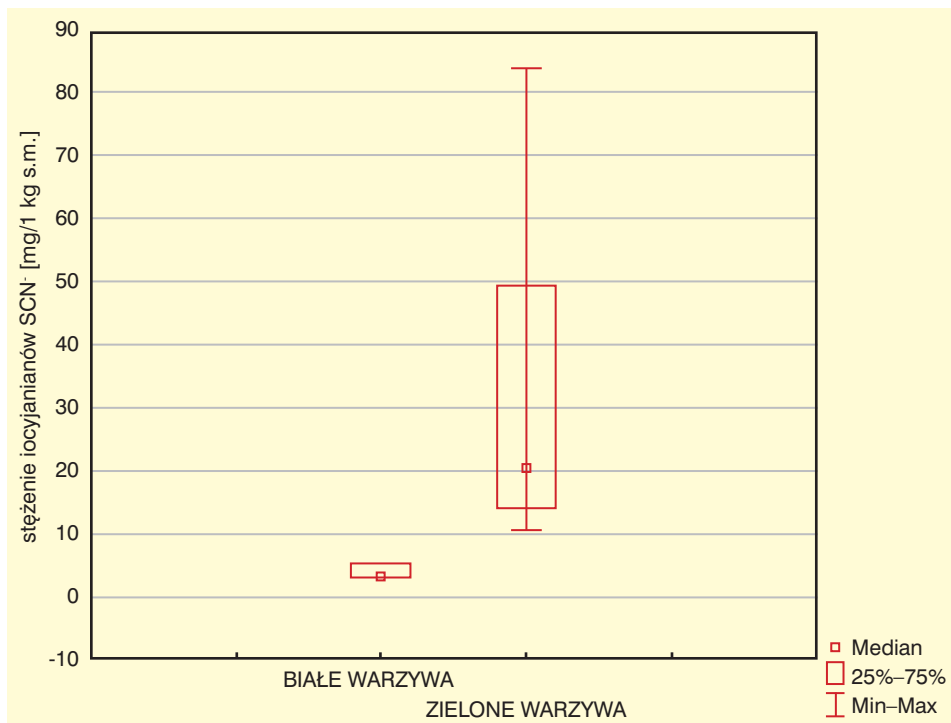
Tabela 3. Średnie stężenie tiocyjanianów (SCN⁻) w badanych zielonych częściach analizowanych produktów (n = 3).

Table 3. Mean content of thiocyanate (SCN⁻) in the tested green parts of the analyzed products (n = 3).

Warzywo	Fotografia	Średnie stężenie SCN ⁻ ± STD		
		[mg/50 g]	[mg/100g]	[mg/kg]
Brokuł kielki		2,952 ± 0,001	5,904 ± 0,001	59,046 ± 0,012
Kapusta pekińska		0,929 ± 0,001	1,859 ± 0,001	18,584 ± 0,012

Warzywo	Fotografia	Średnie stężenie SCN ⁻ ± STD		
		[mg/50 g]	[mg/100g]	[mg/kg]
Pak choi		1,098 ± 0,001	2,195 ± 0,001	21,955 ± 0,012
Szpinak		4,202 ± 0,002	8,408 ± 0,004	84,079 ± 0,040
Jarmuż		1,986 ± 0,001	3,972 ± 0,001	39,721 ± 0,012
Brokuł		0,517 ± 0,001	1,034 ± 0,001	10,344 ± 0,012
Brukselka		0,794 ± 0,001	1,588 ± 0,001	15,877 ± 0,012
Kapusta głowiasta		0,597 ± 0,001	1,194 ± 0,001	11,942 ± 0,012

STD – odchylenie standardowe



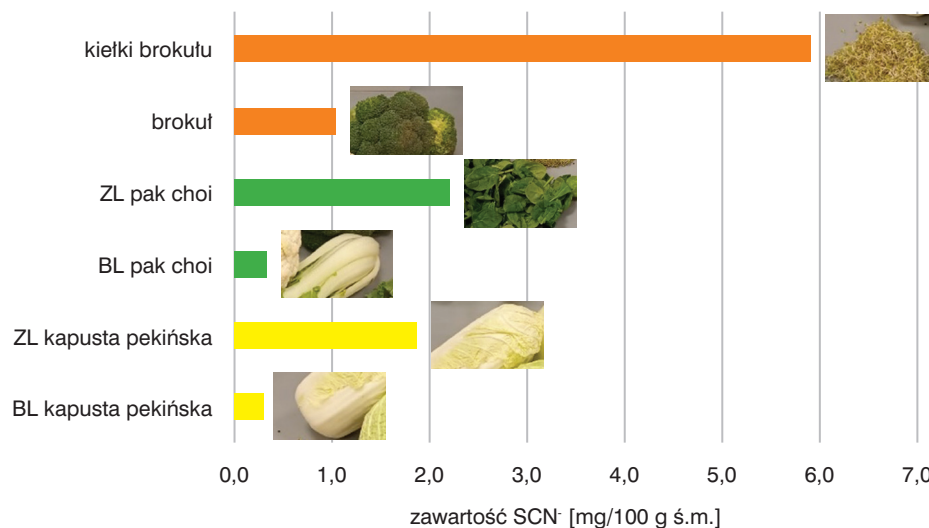
Rycina 2. Wykres ramka-wąsy względem dwóch grup analizowanych warzyw i ich części.

Figure 2. A box-whisker plot against two groups of analyzed vegetables and their parts.

Wśród badanych warzyw krzyżowych najbogatszym źródłem tiocyjanianów okazał się szpinak, który zawierał średnio 8,408 mg SCN⁻/100 g. W porównaniu z danymi literaturowymi, badany szpinak okazał się bogatszy w SCN⁻ ponad 8 razy. Augustyniak i wsp. (2010) podają, że średnia ilość SCN⁻ na 100 g szpinaku jest mniejsza niż 1mg. Z kolei badany jarmuż zawierał 3,972 mg jonu tiocyjanianowego na 100 g, co było zbliżonym wynikiem uzyskanym przez Augustyniak i wsp. (2010) wynoszącym 3–25 mg/100 g jarmużu. W przypadku kapusty głowiastej stwierdzono średnią zawartość tiocyjanianów na poziomie 1,194 mg/100 g produktu. Z kolei badania innych autorów wskazują na znacznie wyższe stężenie jonów SCN⁻ w kapuście głowiastej, wynoszące 3–6 mg/100 g [14]. W badaniach Bhattacharjee i wsp. (2012) średnia zawartość jonów SCN⁻ dla ka-

pusty głowiastej i kalafiora wynosi odpowiednio 23,6 mg/kg i 42,3 mg/kg świeżej masy [15]. W badaniach własnych ilość oznaczonych tiocyjanianów jest niższa i wynosi 11,942 mg/kg świeżej masy (kapusta głowiasta) oraz 4,851 mg/kg świeżej masy (kalafior). Z kolei wyniki uzyskane w trakcie badań własnych są wyższe niż w badaniach Sanchez i wsp. (2007), gdzie ilość SCN⁻ wynosi 7,659 µg/kg świeżej masy w kapuście głowiastej i 9,206 µg/kg w kalafiorze [16]. W badaniach własnych średnia zawartość jonów SCN⁻ w świeżym kalafiorze wynosiła 0,485 mg/100 g, a we wcześniejszych pracach między 4 a 10 mg/100 g [14]. W porównaniu z dostępnymi danymi literaturowymi, oznaczona ilość tiocyjanianów dla kapusty głowiastej była niższa o około 2,5–5 razy, dla kalafiora – ponad 8 razy niższa, a dla brukselki – ponad 6 razy niższa [14], co mogło być spowodowane różnymi warunkami uprawy szpinaku, kapusty białej lub też jarmużu, ale również sposobem przygotowania i obróbki badanego materiału.

Z przeprowadzonych badań własnych wynika, że średnia zawartość tiocyjanianów w pak choi różniła się w zależności od badanej części rośliny. W liściach tiocyjaniany stanowiły 2,195 mg/100 g świeżej masy, a w łodygach tylko 0,314 mg/100 g świeżej masy, czyli około 7 razy mniej SCN⁻ niż w części zielonej. Z kolei oznaczona średnia zawartość tiocyjanianów w zielonej części kapusty pekińskiej stanowiła 1,859 mg/100 g, a w części białej tylko 0,292 mg/100 g świeżej masy. Część zielona kapusty pekińskiej charakteryzowała się ponad 6-krotnie większą zawartością tiocyjanianów niż część biała (rycina 3).



Rycina 3. Porównanie zawartości jonów SCN⁻ w różnych częściach warzyw krzyżowych (ZL – zielone części warzyw, BL – białe części warzyw).

Figure 3. Comparison of SCN⁻ ion content in different parts of cruciferous vegetables (ZL – green parts of vegetables, BL – white parts of vegetables).

Uzyskane różnice zawartości jonów SCN⁻ w badanych warzywach mogą wynikać z faktu, że zawartość glukozynolanów (GLS), z których metabolizowane są tiocyjaniany nie jest równomierna w obrębie poszczególnych tkanek rośliny. Jak podaje Kalisz (2007), ilość tiocyjanianu potasu w kapuście pekińskiej jest zależna od nawożenia azotem i wynosiła odpowiednio 20,61 µg/100 g przy nawożeniu 20 kg N/ha, 19,26 µg/100 g przy nawożeniu 60 kg N/ha oraz 23,23 µg/100 g przy nawożeniu 100 kg N/ha [17]. Także zawartość GLS może być zmienna w obrębie różnych tkanek danej rośliny. Badania przeprowadzone przez Bharandi i wsp. (2015) wykazały, że u większości warzyw krzyżowych, z wyjątkiem rzodkiewki, brokułu, kalafiora i kapusty chińskiej, najwyższą całkowitą zawartość glukozynolanów możemy odnaleźć w nasionach [18]. Ich ilość zmniejszała się w kielkach, korzeniach i pędach. Pędy wszystkich roślin krzyżowych charakteryzują się najniższą zawartością GLS. W przypadku brokułów, ich kielki były najbogatszym źródłem glukozynolanów, bowiem zawierały prawie 1,5 razy więcej GLS niż nasiona, ponad 3 razy więcej niż korzenie oraz ponad

38 razy więcej niż pędy [18]. Jest to zgodne z wynikami otrzymanymi w badaniach własnych. W próbce kiełków brokułu otrzymane średnie stężenie tiocyjanianów było wyższe niż w przypadku różyczek brokułu (rycina 3). Wyniki badań wskazują, że różyczki brokułu zawierały 1,034 mg jonów SCN^- na 100 g, natomiast kiełki brokułu zawierały aż 5,904 mg SCN^- na 100 g. Kiełki brokułu są znacznie bogatsze w tiocyjaniany niż różyczki brokułu, co jest niezwykle istotną informacją dla pacjentów, ze względu na działanie przeciwnowotworowe jonów SCN^- . Z kolei w badaniach Sanchez i wsp. (2007) średnia zawartość tiocyjanianów w różyczkach brokułu wynosi 17,917 $\mu\text{g}/\text{kg}$ świeżej masy i jest znacznie niższa niż stężenie SCN^- w badaniach własnych (10,344 mg/kg s.m.) [16].

Rosnąca z roku na rok liczba przypadków nowotworów zarówno w Polsce, jak i w innych krajach sprawia, że *Cruciferae*, ze względu na swoje działanie przeciwnowotworowe, cieszą się szczególnym zainteresowaniem. Krajowy rejestr nowotworów [19] podaje, że w roku 2013 najczęstszym typem nowotworów wśród mężczyzn w Polsce były: nowotwór płuc, gruczołu krokowego oraz jelita grubego. Natomiast u kobiet w Polsce najczęściej występowały nowotwory piersi, jelita grubego oraz płuc [19]. Badania Higdon i wsp. (2007) podają, że spożycie warzyw krzyżowych może wiązać się z działaniem chemoprewencyjnym w przypadku nowotworów płuc, piersi, prostaty oraz jelita grubego [20]. Wynika z tego, że spożycie warzyw krzyżowych może mieć działanie chemoprewencyjne w przypadku nowotworów najczęściej występujących wśród Polek i Polaków. *Cruciferae* ze względu na zawartość glukozynolanów, tiocyjanianów, izotiocyjanianów i innych związków o działaniu przeciwnowotworowym powinny być obecne w diecie każdego z nas.

Ze względu na preferencje żywieniowe, jak i wieloletnią tradycję, w Polsce największe spożycie wśród warzyw krzyżowych odnotowuje się dla kapusty. W latach 2002–2008 wahało się ono między 7,08 a 8,88 kg/osobę w ciągu roku [12]. Mniejszy udział w diecie Polaków zaobserwowano dla roślin kalafiorowatych. W latach 2002–2008 spożywano je w ilości około 1,8–2,04 kg/osobę rocznie [12]. Brakuje również danych na temat

częstotliwości spożycia innych warzyw z rodziny *Cruciferae* w Polsce, takich jak kiełki, pak choi czy jarmuż. O ile dostępne piśmiennictwo naukowe określa spożycie kapusty bądź też kalafiora dla populacji polskiej, o tyle brakuje rzetelnych informacji o spożyciu tiocyjanianów wraz z warzywami krzyżowymi. Jedyne dostępne informacje dotyczące spożycia omawianych związków pochodzą z Korei. Przeprowadzone badania wskazują, że średnie spożycie tiocyjanianów z warzywami krzyżowymi we wschodniej Azji wynosiło około 1,5 mg/dzień/osobę [13]. Analizując uzyskane wyniki w trakcie badań i średnie spożycie kapusty w Polsce w latach 2002–2008 można stwierdzić, że średnie spożycie jonów SCN^- w Polsce wynosi około 0,29 mg/dzień/osobę czyli około 5 razy mniej niż w Korei.

WNIOSKI

1. Stężenie tiocyjanianów oznaczonych w warzywach krzyżowych było zróżnicowane, jednak najczęściej mieściło się ono między 10 a 20 mg/kg s.m.
2. W przeprowadzonym badaniu najbogatszym w tiocyjaniany warzywem krzyżowym był szpinak. W przypadku szpinaku średnia zawartość tiocyjanianów była kilkukrotnie wyższa, a dla kapusty białej, brukselki, kalafiora i kapusty pekińskiej niższa niż w dostępnych danych literaturowych. Różnice te mogą być spowodowane warunkami uprawy i okresem przechowywania warzyw przed przystąpieniem do badań.
3. Zawartość tiocyjanianów jest różna w zależności od badanej tkanki roślinnej.
4. Kiełki brokułu są cennym źródłem tiocyjanianów.
5. Ze względu na wyższe stężenie tiocyjanianów w liściach kapusty białej i pak choi o około 6–7 razy niż w ich łodygach, korzystniejsze jest przyrządzanie potraw z wykorzystaniem liści kapust.

PIŚMIENNICTWO

1. Manchali S, Chidambara Murthy KN, Patil BS. Crucial facts about health benefits of popular cruciferous vegetables. *J Funct Foods*. 2012; 4: 94–106. doi: 10.1016/j.jff.2011.08.004.
2. Kwiatkowska E, Bawa S. Glukozyzolanowy w profilaktyce chorób nowotworowych – mechanizmy działania. *Roczn Państw Zakł Hig*. 2007; 58(1): 7–13.
3. Cieślík E, Cieślík I, Borowski M. Charakterystyka właściwości prozdrowotnych glukozyzolanów. *Zesz Probl Postęp Nauk Rol*. 2017; 588: 3–14. doi:10.22630/ZPPNR.2017.588.1.
4. Mitsiogianni M, Koutsidis G, Mavroudis N, et al. The Role of Isothiocyanates as Cancer Chemo-Preventive, Chemo-Therapeutic and Anti-Melanoma Agents. *Antioxidants* 2019; 8(4): 106. doi: 10.3390/antiox8040106.
5. Felker P, Bunch R, Leung AM. Concentrations of thiocyanate and goitrin in human plasma, their precursor concentrations in brassica vegetables, and associated potential risk for hypothyroidism. *Nutr Rev*. 2016; 74(4): 248–258. doi: 10.1093/nutrit/nuv110.
6. Melrose J. The Glucosinolates: A Sulphur Glucoside Family of Mustard Anti-Tumour and Antimicrobial Phytochemicals of Potential Therapeutic Application. *Biomedicines* 2019; 7(3): 62. doi: 10.3390/biomedicines7030062.
7. Szwejska-Grzybowska J. Antykancerogenne składniki warzyw kapustnych i ich znaczenie w profilaktyce chorób nowotworowych. *Bromatol Chem Toksykol*. 2011; 4: 1039–1046.
8. Abellán Á, Dominguez-Perles R, Moreno DA, García-Viguera C. Sorting out the Value of Cruciferous Sprouts as Sources of Bioactive Compounds for Nutrition and Health. *Nutrients* 2019; 11(2): 429. doi: 10.3390/nu11020429.
9. Sikorska-Zimny K. Wybrane glukozyzolanowy i ich pochodne: źródła, właściwości oraz działanie na organizm człowieka. *Bromatol Chem Toksykol*. 2016; 1: 96–105.
10. Abbaoui B, Lucas C, Riedl K, Clinton S, Mortazavi A. Cruciferous Vegetables, Isothiocyanates, and Bladder Cancer Prevention. *Mol Nutr Food Res*. 2018; 62(18):e1800079. doi: 10.1002/mnfr.201800079.
11. Fahey JW, Wehage SL, Holtzclaw WD, et al. Protection of humans by plant glucosinolates: efficiency of conversion of glucosinolates to isothiocyanates by the gastrointestinal microflora. *Cancer Prev Res (Phila)* 2012; 5(4): 603–611. doi: 10.1158/1940-6207.CAPR-11-0538.
12. Filipiak T, Maciejczak M. Sektor warzywniczy w Polsce i w wybranych krajach UE1. *Zeszyty Naukowe SGGW. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*. 2010; 84: 99–110.
13. Han H, Kwon H. Estimated dietary intake of thiocyanate from Brassicaceae family in Korean diet. *J Toxicol Environ Health*. 2009; 72(21–22): 1380–1387. doi: 10.1080/15287390903212709.
14. Augustyniak A, Brzozowska A, Czerwińska D, et al. Wpływ procesów technologicznych na zawartość tiocyjanianów w warzywach. *Toksykologia żywności. Przewodnik do ćwiczeń*, Red. Brzozowska A., Wyd. SGGW, Warszawa, 2010; 54–61.
15. Bhattacharjee A, Chandra AK, Malik T. Goitrogenic Content of Common Vegetables In Sub-Himalayan Tarai Region of Eastern Uttar Pradesh. *Int J Med Health Sci*. 2012; 1: 32–38.
16. Sanchez CA, Blount BC, Valentin-Blasini L, Krieger RI. Perchlorate, Thiocyanate, and Nitrate in Edible Cole Crops (*Brassica* sp.) Produced in the Lower Colorado River Region. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2007; 79: 655–659. doi: 10.1007/s00128-007-9292-6.
17. Kalisz A. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie i wartość odżywczą kapusty pekińskiej. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 2007; 383(41): 511–515.
18. Bhandari SR, Jo JS, Lee JG. Comparison of Glucosinolate Profiles in Different Tissues of Nine Brassica Crops. *Molecules*. 2015; 20(9): 15827–15841. doi: 10.3390/molecules200915827.
19. Didkowska J, Wojciechowska U. *Zachorowania i zgony na nowotwory złośliwe w Polsce*. Krajowy Rejestr Nowotworów, Narodowy Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie – Państwowy Instytut Badawczy. 2013. doi: 10.3390/molecules200915827.
20. Higdon JV, Delage B, Williams DE, Dashwood RH. Cruciferous vegetables and human cancer risk: Epidemiologic evidence and mechanistic basis. *Pharmacol Research*. 2007; 55(3): 224–236. doi: 10.1016/j.phrs.2007.01.009.