

Czasopismo naukowe

Problemy Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu. Teoria i Praktyka
2019/1 kwiecień | ISSN 2657-7402 (online)

REDAKCJA

Redaktor Naczelny: dr Klaudia Pujer

ADRES REDAKCJI

Exante Wydawnictwo Naukowe
dr Klaudia Pujer
ul. Buforowa 24 lok. 10
52-131 Wrocław
e-mail: wydawnictwo@exante.com.pl

RECENZENCI

dr hab. inż. Joanna Bajerska
dr Klaudia Pujer (recenzja wewnętrzna)

PROJEKT OKŁADKI

Redakcja
Źródło zdjęć na okładce: pixabay.com (GDJ) udostępnione na licencji
CC0 Creative Commons, Public Domain, treść licencji jest dostępna na stronie:
<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode.pl>

SKŁAD I ŁAMANIE

Redakcja

DRUK

Drukarnia Cyfrowa CopyART.eu
Leviko Leszek Staroń
ul. Bujwida 25
50-368 Wrocław

Nie wszystkie prawa zastrzeżone: niniejszy numer czasopisma jest dostępny na licencji
Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)
Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe
Zezwala się na wykorzystanie publikacji zgodnie z licencją – pod warunkiem zachowania niniejszej
informacji licencyjnej oraz wskazania Redakcji jako licencjobiorcy praw do korzystania z tekstów
i Autorów jako właścicieli praw do tekstów. Treść licencji jest dostępna na stronie:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/pl/legalcode>

Czasopismo jest dostępne w wersji elektronicznej
na stronie głównej Exante Wydawnictwo Naukowe pod osobnym linkiem:
<https://exante.com.pl/problemy-nauk-medycznych-i-nauk-o-zdrowiu-teoria-i-praktyka/>

Serdecznie zapraszamy do lektury bieżącego numeru oraz wydań archiwalnych

*Redakcja zastrzega sobie prawo do skracania
i opracowywania artykułów oraz zmiany tytułów*

Exante, Wrocław 2019

Spis treści

Anna Dolipska, Elżbieta Szczepańska, Karolina Janion

Ocena sposobu żywienia osób starszych zamieszkujących domy pomocy społecznej – analiza jadłospisów dekadowych **3**

Zuzanna Sycz

Przeciwbakteryjne działanie antocyjanin z owoców żurawiny **12**

Zuzanna Sycz

Charakterystyka antocyjanin z owoców żurawiny. Właściwości chemiczne, farmakokinetyczne i farmakologiczne **19**

OCENA SPOSOBU ŻYWIENIA OSÓB STARSZYCH ZAMIESZKUJĄCYCH DOPY POMOCY SPOŁECZNEJ – ANALIZA JADŁOSPISÓW DEKADOWYCH

Anna Dolipska¹, Elżbieta Szczepańska¹, Karolina Janion²

¹ Zakład Żywienia Człowieka, Katedra Dietetyki, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

² Zakład Profilaktyki Chorób Żywnościowo-zależnych, Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

Streszczenie

Jakość pożywienia rzutuje nie tylko na stan zdrowia, ale również na wydolność organizmu i długość życia. Zbilansowana dieta jest w stanie opóźnić procesy starzenia biologicznego, które mimo iż są naturalne, mogą postępować z różną intensywnością. Celem pracy uczyniono ocenę sposobu żywienia osób starszych na podstawie analizy jadłospisów dekadowych realizowanych w wybranych domach opieki społecznej oraz porównanie uzyskanych wyników z normami żywienia, jak też sprawdzenie, czy istnieją różnice między średnią wartością energetyczną i zawartością składników odżywczych jadłospisów realizowanych w poszczególnych sezonach.

Słowa kluczowe: sposób żywienia, osoby starsze, domy pomocy społecznej.

Wprowadzenie

Zdrowie jest najważniejszym czynnikiem, który decyduje o jakości życia, zwłaszcza w przypadku osób w podeszłym wieku. Jak podaje Światowa Organizacja Zdrowia (ang. *World Health Organization*, WHO) na zdrowie ludzkie największe oddziaływanie wywiera styl życia, a więc obok aktywności fizycznej, także dieta [1, ss. 51-56; 2, ss. 128-130; 3, ss. 12-15]. Racjonalne – urozmaicone, umiarkowane i uregulowane żywienie obok cech dziedzicznych stanowi jeden z głównych czynników środowiskowych, jakie mają wpływ na organizm i zachowanie dobrego stanu zdrowia. Decyduje ono o prawidłowym funkcjonowaniu organizmu bez względu na wiek [4, ss. 126-127; 5, s. 95; 6, ss. 140-141]. Zbilansowana dieta jest w stanie opóźnić procesy starzenia biologicznego, które mimo iż są naturalne, mogą postępować z różną intensywnością [4, ss. 126-127; 6, ss. 140-141; 7, ss. 28-29; 8, ss. 15-21]. Jakość pożywienia rzutuje nie tylko na stan zdrowia, ale również na wydolność organizmu i długość życia [6, ss. 140-141; 9, s. 240; 10, ss. 83-87]. Prawidłowe żywienie jest szczególnie ważne dla osób starszych ze względu na zwiększone w tej grupie ryzyko powstania i rozwoju chorób dietozależnych i prze-

wlekłych schorzeń degeneracyjnych [11, ss. 401-402; 12, ss. 81-83]. W związku z tym żywienie osób starszych poza zapewnieniem odpowiedniej ilości energii i składników odżywczych, będzie miało także na celu prewencję oraz profilaktykę wtórną chorób metabolicznych [11, ss. 401-402; 13, ss. 271-273]. Rola odżywiania w grupie osób 65+ jest istotna również ze względu na możliwe interakcje pożywienia z lekami, które w tej grupie wiekowej są powszechnie stosowane [14, s. 218]. Natomiast nieprawidłowe zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym, żywienie jest czynnikiem etiologicznym wielu chorób cywilizacyjnych, takich jak schorzenia układu krążenia oraz niektóre nowotwory [15, s.138; 16, ss. 19-25; 17, pp. 46-47; 18, ss. 362-364; 19, ss. 6-7; 20, ss. 31-32; 21, ss. 62-63; 22, s. 17].

Domy pomocy społecznej są placówkami świadczącymi usługi bytowe, opiekuńcze, wspomagające i edukacyjne dla osób, które wymagają opieki całodobowej ze względu na stan zdrowia, wiek lub niepełnosprawność oraz nie są w stanie funkcjonować samodzielnie w codziennym życiu [23, ss. 9-12]. Ze względu na całodobowy charakter opieki, żywienie mieszkańców jest jedną

z podstawowych usług.

Celem pracy uczyniono ocenę sposobu żywienia osób starszych na podstawie analizy jadłospisów dekadowych realizowanych w wybranych domach opieki społecznej oraz porównanie uzyskanych wyników z normami, a także sprawdzenie, czy istnieją różnice między średnią wartością energetyczną i zawartością składników odżywczych jadłospisów realizowanych w poszczególnych sezonach.

Materiał i metodyka

Badanie przeprowadzono w siedmiu domach pomocy społecznej na terenie województw: śląskiego, dolnośląskiego, świętokrzyskiego i warmińsko-mazurskiego. Materiał do badań stanowiły losowo wybrane jadłospisy dekadowe (10 dniowe) dla diety podstawowej, realizowane w sezonie wiosennym, letnim, jesiennym i zimowym. Łącznie przeanalizowano 280 całodziennych jadłospisów. Do oceny wartości energetycznej i zawartości składników odżywczych, takich jak: białko ogółem, tłuszcz, węglowodany, błonnik pokarmowy, cholesterol, sód, potas, wapń, fosfor, żelazo, magnez, witamina A, D, C, niacyna, tiamina i ryboflawina, użyto programu komputerowego Dietetyk 1 (Instytut Żywności i Żywienia w Warszawie). W obliczeniach uwzględniono straty technologiczne. Dla wartości energetycznej, białka ogółem, tłuszczu, cholesterolu, węglowodanów, błonnika pokarmowego, sodu, potasu, wapnia, fosforu, magnezu i żelaza przyjęto straty 10%, dla ryboflawiny i niacyny – 15%, dla tiaminy – 20%, dla witaminy A – 25%, dla witaminy E – 30% oraz dla witaminy C – 55%.

Otrzymane wyniki porównano z aktualnie obowiązującymi normami żywienia dla osób w wieku starszym (> 65 r. ż), o małej aktywności fizycznej oraz średniej masie ciała 65 kg dla kobiet i 75 kg dla mężczyzn. Dienne zapotrzebowanie mieszkańców domu opieki społecznej ustalano na poziomie 1750 kcal dla kobiet i 2150 kcal dla mężczyzn [24, ss. 35-36].

Do porównania procentowego udziału składników odżywczych w wartości energetycznej jadłospisów przyjęto wartości dla białka – 15%, tłuszczów – 20%, dla węglowodanów – 65%. Do porównania zawartości błonnika pokarmowego przyjęto wartość 20g/dobę, dla cholesterolu

– 300 mg/dobę [24, s. 95, 125].

Wartość energetyczną i odżywczą dziennych racji pokarmowych obliczono za pomocą programu Dietetyk 1, następnie uzyskane dane eksportowano do programu Microsoft Excel 2016. Analizę statystyczną wykonano z użyciem programu Statistica 13.3. W pierwszej kolejności sprawdzono, czy zmienne ilościowe spełniają założenie o rozkładzie normalnym, wykonując test W Shapiro-Wilka oraz wykresy normalności. Zmienne ilościowe przedstawiono za pomocą średniej arytmetycznej z odchyleniem standardowym dla rozkładu zbliżonego do normalnego lub mediany z rozstępem międzykwartylowym dla rozkładu innego, niż normalny. Do sprawdzenia różnic między średnią wartością energetyczną i zawartością składników odżywczych wykorzystano test ANOVA rang Kruskala-Wallisa. Istotność statystyczną określono na poziomie $p < 0,05$.

Wyniki

Wtabeli 1 przedstawiono wartość energetyczną i zawartość składników odżywczych w realizowanych jadłospisach z uwzględnieniem ich sezonowości.

Średnia wartość energetyczna wszystkich jadłospisów realizowanych w domach pomocy społecznej wynosiła 2158,9 kcal, przy czym najwyższa była w sezonie zimowym (2213,2 kcal), a najniższa w sezonie letnim (2120 kcal). Wartość ta była dużo wyższa niż przewidują normy żywienia dla kobiet, gdzie największe przekroczenie norm dotyczyło sezonu jesiennego oraz zimowego, jednak w porównaniu z normą dla mężczyzn wartość energetyczna tylko nieznacznie przekraczała zalecane normy w każdym z sezonów (tabela 1).

Średnia zawartość białka w diecie różniła się nieznacznie w poszczególnych sezonach. Wartości te wahały się w granicach 61,7 g w sezonie letnim do 67,1 g w sezonie zimowym. W sezonach wiosennym oraz jesiennym średnia zawartość białka wiennej racji żywnościowej mieściła się w granicach normy dla kobiet, natomiast w sezonie letnim norma ta nie została osiągnięta. W odniesieniu do norm żywienia dla grupy mężczyzn zawartość białka była poniżej normy w każdym z analizowanych sezonów (tabela 1).

Tabela 1. Wartość energetyczna i zawartość składników odżywczych w jadłospisach z uwzględnieniem sezonowości

Energia i składniki odżywcze	Wiosna		Lato		Jesień		Zima		p*
	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	
Energia(kcal)	2129,6	SD ±203,7	2120,0	SD ±214,2	2172,8	SD ±180,4	2213,2	SD ±256,3	0,462
Białko ogółem (g)	65,2	SD ±9,3	61,7	SD ±10,1	66,6	SD ±10,8	67,1	SD ±11,3	0,261
Tłuszcz (g)	74,6	64,7-83,7	77,2	70,0-86,4	75,9	57,6-74,4	82,4	71,0-93,0	0,416
Cholesterol (g)	298,0	185,0-390,9	241,0	226,0-316,0	259,0	203,0-356,0	272,0	226,0-396,0	0,607
Węglowodany (g)	310,4	SD ±35,7	303,0	SD ±41,6	311,3	SD ±33,7	309,9	SD ±40,1	0,865
Błonnik (g)	15,7	13,8-16,6	15,3	14,0-18,5	16,6	13,5-18,0	15,7	12,4-16,9	0,631

Źródło: opracowanie własne.

*wynik testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa; SD – odchylenie standardowe

Zarówno norma dla kobiet, jak i mężczyzn dotycząca zawartości tłuszczów w diecie została przekroczona w każdym z sezonów, przy czym największe przekroczenie normy dotyczy sezonu letniego oraz zimowego. Dzielne normy spożycia tłuszczu dla grupy kobiet oraz mężczyzn w tych sezonach zostały przekroczone blisko dwukrotnie (tabela 1). Natomiast bezpieczny poziom dziennego spożycia cholesterolu nie został przekroczony w żadnym sezonie, chociaż wartości w poszczególnych porach roku znacząco się od siebie różniły. Największą wartość, bliską granicy bezpiecznego dziennego poziomu spożycia odnotowano w sezonie wiosennym i wynosiła ona 298 g (tabela 1).

Średnia zawartość węglowodanów ogółem w diecie wynosiła 308,7 g, przy czym była ona zróżnicowana w zależności od sezonu. W sezonie wiosennym, jesiennym, letnim oraz zimowym uzyskane wartości oscylowały w granicach normy dla kobiet, jednak w porównaniu do norm dla mężczyzn średnie zawartości węglowodanów są zbyt niskie w każdym z badanych sezonów (tabela 1). Jednocześnie średnia zawartość błonnika pokarmowego w diecie była zbliżona w każdym z analizowanych sezonów i wynosiła średnio 15,8 g, co oznacza, że nie została osiągnięta dolna granicy normy (18 g) (tabela 1).

W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej nie stwierdzono występowania różnic istotnych statystycznie pomiędzy wartością energetyczną i zawartością składników odżywczych

oraz sezonowością analizowanych jadłospisów (testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa, $p > 0,05$) (tabela 1).

W tabeli 2 przedstawiono zawartość wybranych składników mineralnych w realizowanych jadłospisach z uwzględnieniem ich sezonowości.

Średnia zawartość sodu w codziennej diecie mieszkańców domów pomocy społecznej wynosiła 2349,8 mg. Jest to wartość znacznie przekraczająca normę, która wynosi 1300 mg i dotyczy zarówno grupy kobiet, jak i mężczyzn. Zawartość potasu w diecie była niewystarczająca we wszystkich badanych sezonach, a najniższą wartość (2874,4 mg) odnotowano w sezonie wiosennym. Ilość wapnia w diecie w każdym z sezonów była blisko dwukrotnie niższa niż wskazują zalecenia żywieniowe, przy czym najniższą wartość odnotowano w sezonie wiosennym i wynosiła ona 586 mg, przy zalecanej dziennej normie spożycia 1000 mg. Analizowane wyniki pozwoliły także ustalić, że normy dla dziennego spożycia fosforu zostały przekroczone o blisko 100% we wszystkich sezonach. Średnie spożycie magnezu było bardzo zbliżone w poszczególnych sezonach, jedynie w sezonie zimowym odnotowano nieco większe spożycie wynoszące 240 mg, co jednak nadal nie jest wartością spełniającą założenia norm żywienia dotyczących spożycia tego pierwiastka. Zawartość żelaza natomiast we wszystkich badanych sezonach była zbliżona oraz znacznie wyższa od norm żywienia i wynosiła średnio 8,8 mg (tabela 2).

Tabela 2. Zawartość wybranych składników mineralnych w jądłospisach z uwzględnieniem sezonowości

Składniki mineralne	Wiosna		Lato		Jesień		Zima		p*
	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	
Sód (mg)	2481,0	2345,0-2872,0	2130,0	1618,2-2586,0	2443,0	1995,0-2800,5	2345,0	1911,0-2953,0	0,057
Potas (mg)	2874,4	SD ±448,7	3053,7	SD ±669,1	3061,0	SD ±508,0	2975,2	SD ±574,6	0,604
Wapń (mg)	586,0	495,0-741,1	599,0	511,0-915,0	661,9	545,0-813,0	690,0	549,0-821,0	0,584
Fosfor (mg)	1032	947,0-1226,0	1102,0	888,0-1187,0	1132,0	960,0-1226,0	1173,5	1009,0-1255,0	0,298
Magnez (mg)	222,0	197,0-269,0	226,0	188,1-258,0	222,9	203,0-269,0	240,0	197,0-269,0	0,813
Żelazo (mg)	9,1	8,7-9,8	8,5	7,0-11,2	8,7	7,9-10,8	8,8	7,1-10,5	0,474

Źródło: opracowanie własne.

*wynik testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa; SD – odchylenie standardowe

W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej nie stwierdzono występowania różnic istotnych statystycznie pomiędzy zawartością wybranych składników mineralnych oraz sezonowością analizowanych jądłospisów (testu

ANOVA rang Kruskala-Wallisa, $p > 0,05$) (tabela 2).

W tabeli 3 przedstawiono zawartość wybranych witamin w realizowanych jądłospisach z uwzględnieniem ich sezonowości.

Tabela 3. Zawartość wybranych witamin w jądłospisach z uwzględnieniem sezonowości

Witaminy	Wiosna		Lato		Jesień		Zima		p*
	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	Miara średnia	Miara rozproszenia	
Witamina A (µg)	771,0	733,4-1187,0	1244,0	736-1559,0	839,0	885,0-1382,0	1324,0	740,0-1463,0	0,290
Witamina D (µg)	1,9	1,4-2,3	1,4	1,3-2,4	1,8	1,4-2,3	2,0	1,4-3,2	0,403
Witamina E (mg)	9,9	7,8-11,3	9,8	6,8-11,8	9,2	7,9-11,3	10,2	8,6-12,4	0,748
Witamina C (mg)	39,0	29,1-48,5	44,4	31,6-64,0	42,5	29,9-53,6	36,9	27,3-47,8	0,362
Tiamina (mg)	1,0	0,9-1,1	1,0	0,8-1,1	1,0	0,9-1,1	0,9	0,8-1,1	0,872
Ryboflawina (mg)	1,4	1,3-1,8	1,5	1,2-1,9	1,4	1,3-1,7	1,6	1,4-1,8	0,828
Niacyna (mg)	13,9	12,2-17,9	13,8	11,6-15,8	14,0	11,5-18,1	12,7	11,3-14,8	0,388

Źródło: opracowanie własne.

*wynik testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa

Średnia zawartość witaminy A w jądłospisach była bardzo zróżnicowana w zależności od sezonu. Najniższą wartość odnotowano w sezonie wiosennym i wynosiła ona 771 µg, natomiast najwyższą w sezonie zimowym – 1324 µg. Średnia wartość dla wszystkich sezonów to 1044,5 µg. Natomiast norma spożycia wynosi odpowiednio 500 µg dla kobiet oraz 630 µg dla mężczyzn, co jednoznacznie pozwala wskazać, że w żadnym z sezonów norma nie została osią-

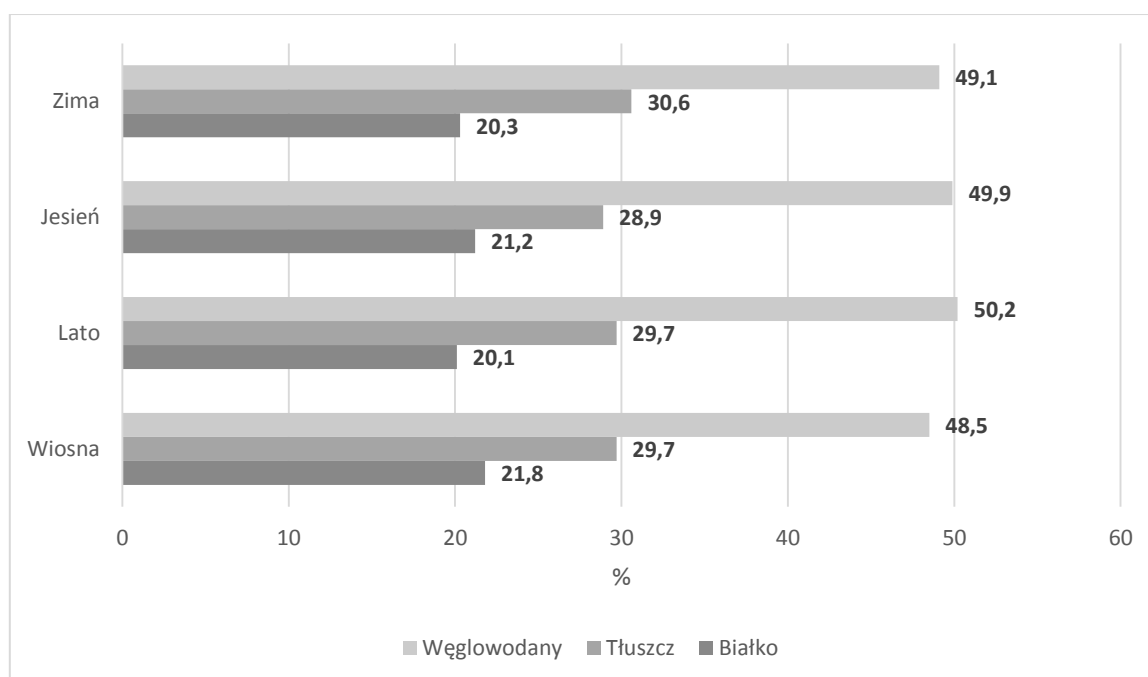
gnięta dla żadnej z grup ludności. W przypadku witaminy D u osób po 65. roku życia zaleca się dodatkową suplementację w dawce 800-2000 IU/dobę (20-25 µg/dobę) przez cały rok. Z diety natomiast według szacunków pochodzi zwykle 10-20% dziennego zapotrzebowania, tj. 100-200 IU/dobę (2,5-5 µg/dobę) [24, s. 136; 25, s. 226; 26, s. 122]. Zalecenie to nie zostało spełnione w żadnym badanym sezonie, a średnia wartość dotycząca spożycia witaminy D wraz z żywnością wynosiła 1,8 µg. Odmienne prezentuje się

realizacja norm w przypadku witaminy E, gdzie uzyskane w badaniu wartości w każdym sezonie mieszczą się w granicach zaleceń. Średnie spożycie witaminy C wynosi 40,7 mg. Największe spożycie odnotowano w sezonie letnim, jednak nadal jest ono znacznie niższe niż wskazuje norma (60 mg). Średnie spożycie tiaminy jest bardzo zbliżone w każdym z sezonów i mieści się w granicach zalecanych norm spożycia. Według zaleceń średnie dzienne spożycie ryboflawiny powinno wynosić 0,9-1,1 mg. Natomiast w badaniu własnym wykazano średnie spożycie na poziomie 1,4 mg, co znacznie przekracza normę. Podobnie w przypadku niacyny, przekroczenie

norm odnotowano w każdym z analizowanych sezonów, a największe dotyczyło sezonu jesienno (przekroczenie o 2 mg) (tabela 3).

W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej nie stwierdzono występowania różnic istotnych statystycznie pomiędzy zawartością wybranych witamin oraz sezonowością analizowanych jadłospisów (testu ANOVA rang Kruskala-Wallisa, $p > 0,05$) (tabela 3).

Wykres 1 przedstawia procentowy udział białek, tłuszczów oraz węglowodanów w pokryciu dziennego zapotrzebowania energetycznego w poszczególnych sezonach.



Wykres 1. Procentowy udział białek, tłuszczów, węglowodanów w pokryciu dziennego zapotrzebowania energetycznego w poszczególnych sezonach

Źródło: opracowanie własne.

Procentowy udział białek, tłuszczów i węglowodanów w pokryciu dobowego zapotrzebowania energetycznego wynosił średnio odpowiednio 20,9%, 29,7% oraz 49,4%. Udział tych składników w jadłospisach w poszczególnych sezonach nieznacznie różnił się, a największe wahania dotyczyły sezonu wiosennego oraz zimowego (wykres 1).

Dyskusja

Domy pomocy społecznej są miejscem stałego pobytu osób starszych. Jadłospisy w tych placówkach powinny być tak

ułożone, aby umożliwić utrzymanie jak najlepszego stanu zdrowia, a także zapobiegać powstawaniu lub spowolnić rozwój chorób dietozależnych i przewlekłych schorzeń degeneracyjnych [23, ss. 9-12].

Porównanie uzyskanych w badaniu własnym wyników z wynikami innych autorów wniosło pewne trudności, ze względu na niewielką liczbę publikacji dotyczących oceny sposobu żywienia mieszkańców domów pomocy społecznej. Z tego względu uzyskane wyniki zostały porównane z wynikami autorów badających sposób żywienia osób starszych przebywających zarówno w domach pomocy społecznej, jak i zakładach opiekuńczo-leczniczych czy stowarzyszeniach społecznych oraz zamieszkujących indywidualnie

gospodarstwa domowe.

Analiza wyników badań własnych wykazała, iż średnia wartość energetyczna jadłospisów realizowanych w domach pomocy społecznej wyniosła 2158,9 kcal. Najwyższą wartością energetyczną charakteryzował się sezon zimowy (2213,2 kcal), natomiast najniższą sezon letni (2120 kcal). Wyższe wartości uzyskano w badaniu Grochowskiej-Niedworok i wsp., oceniającym wartość energetyczną i odżywczą diety osób po 65. roku życia, zamieszkałych w domach pomocy społecznej na terenie Śląska [27, s. 11]. W badaniu tym średnia wartość energetyczna jadłospisów kobiet wynosiła 2841,1 kcal, co stanowiło 153% normy, natomiast w grupie mężczyzn wartość energetyczna wynosiła 2829,2 kcal, co stanowiło 129% normy [27, s. 11]. Wyższe wartości energetyczne, w stosunku do zalecanych norm, wykazała także Leszczyńska i wsp. w badaniu oceniającym prawidłowość bilansowania składu racji pokarmowych w domach pomocy społecznej, a także w zakładzie opiekuńczo-leczniczym [6, ss. 142-143]. W powyższym badaniu normy zostały przekroczone w poszczególnych placówkach o 37%, 43% oraz 57% [6, ss. 142-143]. Natomiast odmienne wyniki uzyskano w badaniu Kołoty i wsp., w którym oceniano wartość energetyczną i odżywczą jadłospisów kobiet będących mieszkankami zakładu opiekuńczo-leczniczego. W badaniu tym wykazano, iż wartość energetyczna diety jest niższa niż wskazują zalecenia żywieniowe [28, s. 378]. Niższe od zalecanej normy wyniki uzyskano także w badaniu oceniającym pokrycie dziennego zapotrzebowania energetycznego na wybrane składniki odżywcze w grupie pensjonariuszy domu pomocy społecznej, przeprowadzonym przez Pysz-Izdebską i wsp. W badaniu tym wykazano zbyt niską wartość energetyczną diet w grupie kobiet w sezonie wiosennym oraz jesiennym [29, ss. 242-244].

Średnia zawartość białka w analizowanych jadłospisach wynosiła 61,7 g w sezonie letnim do 67,1 g w sezonie zimowym, przy czym w żadnym z sezonów nie przekroczyła znacząco zalecanej normy. Natomiast wartości znacznie przekraczające normę, o 41% w grupie kobiet oraz o 37,1% w grupie badanych mężczyzn, odnotowała w swoim badaniu Grochowska-Niedworok i wsp [27, s. 11]. Znaczące przekroczenie norm w każdym z sezonów odnotowano także w badaniu Leszczyńskiej i wsp., gdzie normy zostały prze-

kroczone o 19-44% w zależności od badanej placówki [6, s. 143]. Nadmierną realizację normy wykazali również Pysz-Izdebska [29], a także Kołota i wsp., w której badaniu wykazano nadmierny udział białka w ogólnej wartości energetycznej diety w sezonie zimowym [29, ss. 242-244].

Analiza jadłospisów dekadowych w badaniu własnym wykazała przekroczenie normy spożycia tłuszczów w każdym sezonie. Podobne wyniki otrzymała Grochowska-Niedworok i wsp., gdzie przekroczenie norm dotyczących spożycia tłuszczu wyniosło odpowiednio 86% w grupie kobiet oraz 60,2% w grupie mężczyzn [27, s. 11]. Zbyt wysokie, bo przekraczające dwukrotnie zalecane normy spożycie tłuszczu, odnotowała Leszczyńska i wsp. w badaniu przeprowadzonym w dwóch domach pomocy społecznej oraz zakładzie opiekuńczo-leczniczym. Wskazane wyniki mogą być jednak niemiarodajne ze względu na pominięcie w metodologii badania uwzględnienia strat na poziomie 10% [6, s. 144]. Natomiast Pysz-Izdebska i wsp. w swojej pracy wykazali prawidłowe spożycie tłuszczów wraz z dietą zarówno w grupie kobiet, jak i mężczyzn, które stanowiło średnio 105% zalecanej normy spożycia [29, ss. 242-244].

Największa wartość dziennego spożycia cholesterolu w badaniu własnym wynosiła 298 g. Zbliżone wyniki otrzymano w badaniu domów pomocy społecznej na terenie Śląska (278,2 g w grupie badanych kobiet i 261,3 g w grupie mężczyzn) [27, s. 11]. Podobne wyniki do wyników badań własnych otrzymali Pysz-Izdebska i wsp., którzy wykazali, iż spożycie cholesterolu mieściło się na poziomie nieprzekraczającym normy 300 mg/ dobę [29, ss. 242-244]. Wyniki przekraczające znacząco (średnio o 36 % w każdym z sezonów) normę uzyskała Leszczyńska i wsp. [6, s. 144].

Średnia zawartość węglowodanów kształtowała się na poziomie 308,7 g, natomiast zawartość błonnika pokarmowego na poziomie 15,8 g. Znacznie wyższe wartości dotyczące zarówno zawartości błonnika, jak i węglowodanów ogółem w diecie uzyskała Grochowska-Niedworok i wsp. [27, s. 11]. W badaniu autorów wykazano średnią zawartość węglowodanów w diecie na poziomie 389,6-381,9 g oraz błonnika pokarmowego na poziomie 24,2 g [27, s. 11]. Równie wysokie wartości uzyskała Leszczyńska i wsp., wykazując średnią zawartość węglowodanów

w racjach pokarmowych o 16-37% przekraczającą zalecane normy [6, s. 143]. Jednocześnie we wspomnianym badaniu spożycie błonnika pokarmowego było na równie niskim poziomie, jaki wykazano w badaniu własnym (68% ilości zalecanej) [6, s. 143]. Natomiast Pysz-Izdebska i wsp. wykazali spożycie węglowodanów ogółem nierealizujące zalecanej normy oraz niewystarczające spożycie włókna pokarmowego w ilości średnio 14,5 g w diecie kobiet oraz 20 g w diecie mężczyzn (odpowiednio 45% i 60% zalecanego spożycia) [29, ss. 242-244]. Zbyt niskie, w porównaniu do zalecanych norm, spożycie zarówno węglowodanów ogółem, jak i błonnika pokarmowego, wykazała także Kołota i wsp., w badaniu której wszystkie jadłospisy realizowane w poszczególnych sezonach charakteryzowały się niedostatecznym spożyciem węglowodanów oraz błonnika, kosztem nadmiernego spożycia tłuszczów i białka [28, s. 378].

Analiza jadłospisów pod kątem zawartości składników mineralnych wykazała, iż średnia ilość sodu wynosiła 2350 mg, potasu 2991 mg, wapnia 634 mg, fosforu 1110 mg, magnezu 228 mg, natomiast żelaza 8,8 mg. Sód, fosfor oraz żelazo było spożywane na poziomie przekraczającym normę, zaś potas, wapń oraz magnez na poziomie niższym, niż przewidują zalecane normy. W badaniu Leszczyńskiej i wsp. wykazano spożycie magnezu, żelaza i potasu w ilościach pokrywających normy spożycia [6, ss. 150-151]. Jednocześnie autorzy zaznaczyli deficytową podaż wapnia, co jest zgodne z wynikami badania własnego oraz wielokrotnie przekroczone normy spożycia sodu, a także zwiększone spożycie fosforu [6, ss. 150-151], co również znajduje odbicie w badaniu własnym. W badaniu przeprowadzonym przez Stawarską i wsp. wykazano liczne niedobory pierwiastków, jednak wyjątkiem był fosfor, którego spożycie kształtowało się na poziomie przekraczającym normę o 7,1% w przypadku kobiet oraz 75,1% w przypadku mężczyzn [30, ss. 118-119]. Wynik ten koresponduje z uzyskanym w badaniu własnym. Badanie Stawarskiej i wsp. ukazało również znaczący niedobór wapnia w diecie [30, ss. 118-119], podobnie jak w badaniu własnym. Na niskie spożycie żelaza wskazali Pokrzywa i Cieślak, na poziomie realizującym normę w 67,4% [15, s. 142].

W badaniu własnym zalecane normy spożycia witamin zostały spełnione jedynie w przypadku

witamin E oraz tiaminy, przekroczone natomiast w przypadku witaminy A, ryboflawiny i niacyny, a w przypadku witamin C oraz D normy nie zostały osiągnięte. Zbliżone wyniki uzyskała Leszczyńska i wsp., którzy wykazali spożycie witaminy E na poziomie właściwym, przy jednoczesnym spożyciu witaminy A przekraczającym normy blisko dwukrotnie [6, ss. 145-149]. Stawarska i wsp. otrzymali również zbliżone wartości spożycia poszczególnych witamin, w tym witaminy A na poziomie wyższym, niż zalecana norma oraz witamin C i D na poziomach znacznie niższych od norm [30, s. 120]. Znaczne przekroczenie zalecanej normy na witaminę A w badaniach własnych koresponduje z danymi z badania Pysz-Izdebskiej i wsp., w którym wykazano średnią podaż tej witaminy w grupie kobiet na poziomie 139% normy w każdym z sezonów, natomiast w grupie mężczyzn podaż pokrywającą normę w 271% w sezonie wiosennym oraz w 152,4% w sezonie jesiennym [29, ss. 247-248]. Autorzy wskazali także na nadmierną podaż witaminy E, przekraczającą normę średnio o 68,8-83,6% [29, ss. 247-248], co jest wynikiem sprzecznym z uzyskanym w badaniu własnym. Kolejny wynik odmienny niż w badaniu własnym dotyczy średniego spożycia witaminy C. Pysz-Izdebska i wsp. wskazali na spożycie zgodnie z zalecaną normą tej witaminy w sezonie wiosennym (100,7%) [29, ss. 247-248], co pozostaje w opozycji do uzyskanych wyników.

Wyniki badań własnych uzyskane na podstawie analizy jadłospisów realizowanych w domach pomocy społecznej w większości znajdują potwierdzenie w badaniach innych autorów zajmujących się podobną tematyką.

Podsumowanie

1. Sposób żywienia osób starszych jest nieprawidłowy, w realizowanych jadłospisach wykazano występowanie wielu odchyłeń od norm żywienia.
2. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy wartością energetyczną i zawartością składników odżywczych w jadłospisach realizowanych w poszczególnych sezonach.

Bibliografia

- [1] Tańska M., *Zasady żywienia ludzi starszych w ogólnej profilaktyce chorób dietozależnych*, [w:] M. Podgórska (red.), *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2008, nr 1 (56), ss. 138-145.
- [2] Jurczak I., Barylski M., Irzmański R., *Znaczenie diety u osób w wieku podeszłym – ważny aspekt prewencji zdrowia czy nieistotna codzienność?*, „Geriatrics” 2011, nr 5, ss. 127-133.
- [3] Główny Urząd Statystyczny, Notatka na posiedzenie Sejmowej Komisji Polityki Senioralnej dotycząca: Informacji Ministra Zdrowia na temat wpływu zmian demograficznych i starzenia się społeczeństwa na organizację systemu ochrony zdrowia i Narodowy Program Zdrowia. Warszawa, 19.02.2016 r.
- [4] Humańska MA., Kędziora-Kornatowska K., *Wpływ miejsca zamieszkania osób w podeszłym wieku na stan odżywiania się*, „Gerontologia Polska” 2009, nr 17(3), ss. 126-128.
- [5] Mziray M., Żuralska R., Książek J., Domagała P., *Niedożywienie u osób w wieku podeszłym, metody jego oceny, profilaktyka i leczenie*. „Ann. Acad. Med. Gedan.” 2016, nr 46, ss. 95-105.
- [6] Leszczyńska T., Sikora E., Biezanowska-Kopeć R., Pysz K., Nowacka E., *Ocena prawidłowości bilansowania składu racji pokarmowych osób starszych zamieszkujących w wybranych domach pomocy społecznej oraz w zakładzie opiekuńczo-leczniczym*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2008, nr 2(57), ss. 140-154.
- [7] Pawlik A., *Dieta a jama ustna osób w podeszłym wieku*, „Asyst. Stomatol.” 2012, nr 7 (2), ss. 60-63.
- [8] Wroński K., *Wiedza pacjentów na temat wpływu witaminy D na stan zdrowia jamy ustnej*, „Stomatologia Współczesna” 2012, nr 19(1), ss. 15-21.
- [9] Pysz Izdebska K., Leszczyńska T., Kopeć A., Nowacka E., Bugaj B., *Pokrycie zapotrzebowania na energię i wybrane składniki odżywcze w diecie pensjonariuszy domu pomocy społecznej oraz ocena ich parametrów antropometrycznych*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2010, nr 6(73), ss. 239-254.
- [10] Przybyłowska D., Mierzwińska-Nastalska E., *Wpływ higieny jamy ustnej i uzupełnień protektycznych na zdrowie ogólne*, „Nowa Stomatologia” 2013, nr 2, ss. 83-87.
- [11] Gacek M., *Zachowania żywieniowe grupy osób starszych zamieszkałych w Polsce i Niemczech*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2008, nr 89(3), ss. 401-406.
- [12] Grzymisławski M., Gawęcki J., *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2010, nr 6(73), ss. 239-254.
- [13] Ogonowska-Słodownik A., Wajszczyk B., Kosmol A., Morgulec-Adamowicz N., *Sposób żywienia kobiet powyżej 60. roku życia w zależności od podejmowania zorganizowanej aktywności*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2010, nr 6(73), ss. 239-254.
- [14] Augustowski K., Augustowska M., *Świadomość osób starszych na temat właściwego odżywiania*, [w:] M. Kuczera, K. Piech (red.), *Zagadnienia aktualnie poruszane przez młodych naukowców*, T. 1, CreativeTime, Kraków 2014, ss. 218-223.
- [15] Pokrzywa P., Cieślak E., *Ocena sposobu żywienia pacjentów w szpitalach województwa małopolskiego*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2008, nr 1 (56), ss. 138-145.
- [16] Bogołowska-Stieblach A., Tałała M., *Otyłość a choroby układu sercowo – naczyniowego*, „Postępy Nauk Medycznych” 2013, nr 5, ss. 19-25.
- [17] Bac A., Hońdo A., Górkiewicz M. et al., *Analysis of frequency of selected food intake in the women of postmenopausal osteoporosis*, „Orthop Trauma Surg” 2011, nr 3, pp. 46-51.
- [18] Łokieć K., Błońska A., Walecka-Kapica E., Stec-Michalska K., *Wpływ leczenia dietą redukcyjną na stężenie hormonów płciowych u kobiet w okresie okołomenopauzalnym z nadwagą i otyłością*, „Pol Merkuriusz Lek” 2016, nr 40(240), ss. 362-368.
- [19] Namyślak M., Kanikowska A., Grzymisławski M., *Analiza czynników ryzyka niedożywienia szpitalnego*, „Żyw Człow” 2014, nr 41(1), ss. 5-15.
- [20] Kanikowska A., Swora-Cwynar E., Kargulewicz A., Grzymisławski M., *Niedożywienie w wieku podeszłym – niedoceniony problem kliniczny*, „Geriatrics” 2015, nr 9, ss. 31-38.
- [21] Serafin A., *Kuchnia 80-latką*, „Terapia” 2010, nr 18(9), ss. 62-64.
- [22] Gabrowska E., Spodaryk M., *Znaczenie posiłków uzupełniających dietę szpitalną u osób starszych w trakcie hospitalizacji*, „Post Żyw Klin” 2013, nr 9(4/5), ss. 17-21.
- [23] Jacek A., Sarnacka E., Miaskowska-Daszkiwicz K., *Domy pomocy społecznej. Organizacja i funkcjonowanie*, Difin, Warszawa 2016.
- [24] Jarosz M., *Normy żywienia dla populacji Polski*, IŻŻ, Warszawa 2017.
- [25] Dymarska E., Grochowalska A., Krauss H., *Wpływ sposobu odżywiania na układ odpornościowy. Immunomodulacyjne działanie kwasów tłuszczowych i składników mineralnych oraz przeciwutleniaczy*, „Nowiny Lekarskie” 2013, nr 82(3), ss. 222-231.
- [26] Olecka R., *Witamina D w świetle badań ostatnich lat*, „Bromat Chem Toksykol” 2013, nr 46(2), ss. 121-131.
- [27] Grochowska-Niedworok E., Całyniuk B., Szczepańska E., *Wartość energetyczna i odżywcza diety osób po 65 roku życia, zamieszkałych w domach pomocy społecznej na terenie Śląska*, „Annales Academiae Medicae Silesiensis” 2012, nr 66 (5), ss. 9-14.
- [28] Kołota A., Głąbska D., Włodarek D., *Ocena wartości energetycznej i odżywczej jadłospisów starszych kobiet mieszkających w zakładzie pielęgnacyjno – opiekuńczym z uwzględnieniem ich sezonowości*, „Bromat Chem Toksykol” 2015, nr XLVIII(3), ss. 376-381.
- [29] Pysz-Izdebska K., Leszczyńska T., Kopeć A., Nowacka E., Bugaj B., *Pokrycie zapotrzebowania na energię i wybrane składniki odżywcze w diecie pensjonariuszy domu pomocy społecznej oraz ocena ich parametrów antropometrycznych*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2010, nr 6(73), ss. 239-254.
- [30] Stawarska A., Tokarz A., Kolczewska M., *Ocena ilościowa składników mineralnych i witamin w dietach ludzi starszych zrzeszonych w wybra-*

EVALUATION OF THE DIET OF ELDERLY PEOPLE LIVING IN NURSING HOMES – ANALYSIS OF DECADE MENUS

Summary

The quality of food affects not only the state of health, but also the efficiency of the body and life expectancy. A balanced diet is able to delay the processes of biological aging, which, although they are natural, can proceed with varying intensity.

The purpose of the work was to assess the nutrition of older people based on the analysis of decade menus performed in selected nursing homes and compare the obtained results with nutrition standards, check whether there are differences between the average energy value and nutrient content of menus performed in individual seasons.

Keywords: nutrition, elderly people, nursing homes.

PRZECIWBAKTERYJNE DZIAŁANIE ANTOCYJANIN Z OWOCÓW ŻURAWINY

Zuzanna Sycz

Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Katedra i Zakład Biologii i Parazytologii Lekarskiej

Streszczenie

Niniejszy artykuł stanowi przegląd badań potwierdzających przeciwbakteryjne działanie antocyjanin z owoców żurawiny. W ostatnich latach wzrasta liczba doniesień naukowych na temat przeciwbakteryjnego działania antocyjanin, jego mechanizmów oraz rezultatów stosowania tych związków zwłaszcza w przewlekłych i/lub nawracających zakażeniach układu moczowego (ZUM). Badania naukowe zarówno doświadczalne *in vitro*, jak i kliniczne *in vivo* dowiodły, że sok i preparaty z owoców żurawiny wykazują korzystny wpływ na zdrowie człowieka jako urodesinficentia. Mogą stanowić skuteczną alternatywę dla antybiotyków, zapobiegając bakteryjnym infekcjom dróg moczowych, zabezpieczając przed ich nawrotami lub skracając czas ich trwania. Antocyjaniny działają przeciwbakteryjnie na uropatogenne szczepy *Escherichia coli* (UPEC), będące głównym czynnikiem etiologicznym ZUM. Mechanizm ich działania polega na właściwościach antyadhezyjnych, tj. hamujących przyleganie komórek bakteryjnych do uroepitelium, a ponadto na ograniczaniu namnażania bakterii oraz hamowaniu ich wzrostu, m.in. poprzez destabilizację błony cytoplazmatycznej.

Słowa kluczowe: antocyjaniny, proantocyjanidyny, żurawina, leczenie i profilaktyka ZUM.

Mechanizmy przeciwbakteryjnego działania antocyjanin *in vitro*

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania tematyką antocyjanin w środowisku naukowym. Owoce i sok z żurawiny od dawna były stosowane w medycynie ludowej w leczeniu i profilaktyce zakażeń układu moczowego (ZUM). Efekty prozdrowotne, wynikające z wykorzystania tych surowców, skłoniły naukowców do poznania ich właściwości biologicznych uzasadniających ich działanie. Na podstawie badań składu chemicznego żurawiny wielkoowocowej ustalono, że w jej owocach dominują antocyjaniny (3-galaktozydy, 3-glukozydy, 3-ara-binozydy cyjanidyny i peonidyny), a także cykliczne proantocyjanidyny, które są odpowiedzialne za lecznicze właściwości tej rośliny [18, 20, 32, 49].

Jedne z pierwszych badań przeprowadzanych *in vitro* opisują inhibicyjne działanie soku z owoców żurawiny na bakterie *Escherichia coli*, które utraciły zdolność przylegania do komórek nabłonka. Za tę cechę odpowiedzialne są związki hamujące właściwości adhezyjne bakterii. Jednym z nich jest fruktoza uniemożliwiająca syntezę przez bakterie fimbrii typu 1 (mannozo-wra-

żliwych), a drugim – proantocyjanidyny ograniczające przyleganie komórek bakteryjnych posiadających fimbrie typu P (mannozo-oporne). Badania określające wpływ fruktozy i proantocyjanidyn pochodzących z owoców żurawiny na zdolność syntezy fimbrii typu P przez uropatogenne szczepy *E. coli* dowiodły, że za działanie antyadhezyjne odpowiedzialne są głównie cykliczne/polimeryczne proantocyjanidyny o dużej masie cząsteczkowej, a także frakcja otrzymana z soku żurawinowego, tzw. NDM (*nondialyzable material*), posiadająca właściwości garbników, której dokładny skład chemiczny nie został jeszcze ustalony [18, 20, 32, 49].

Istnieje niewielka liczba prac, w których autorzy badali *in vitro* oddziaływanie antocyjanin z owoców żurawiny na komórki różnych szczepów bakteryjnych. W większości tych publikacji badacze skoncentrowali się na skali występowania wzrostu kolonii bakteryjnych w obecności antocyjanin. Wyniki uzyskane przez różnych autorów wykazały, że zahamowanie podziałów komórek bakteryjnych zależy jest do stężeń antocyjan. Jednak mechanizm wyjaśniający tę zależność nie został jeszcze dokładnie poznany [51-54].

Wyniki badań większości autorów dowiodły silniejszego przeciwbakteryjnego działania antocyjanin na bakterie Gram-ujemne, a zwłaszcza na *E. coli*, niż na bakterie Gram-dodatnie [4, 5]. Oprócz ograniczania namnażania bakterii pod wpływem antocyjanin, związki te mają również inne właściwości przeciwbakteryjne. Badacze są zgodni co do mechanizmu działania antocyjanin, który polega na hamowaniu i/lub osłabianiu adhezji komórek bakterii do powierzchni nabłonka dróg moczowych [24, 29, 44].

Pojawiły się również doniesienia na temat innego możliwego (oprócz ograniczania namnażania bakterii i hamowania ich zdolności do adhezji), mechanizmu przeciwbakteryjnego działania antocyjanin. Zaobserwowano zahamowanie wzrostu bakterii także poprzez destabilizację i/lub permeabilizację błony cytoplazmatycznej, inhibicję zewnątrzkomórkowych enzymów bakteryjnych, bezpośrednie działanie antocyjanin na metabolizm komórki bakteryjnej oraz pozbawienie substratów wymaganych do wzrostu bakterii [6, 37, 40, 53].

Działanie antyadhezyjne antocyjanin

Prowadzone dotychczas badania dowiodły, że głównym mechanizmem działania przeciwbakteryjnego żurawiny jest hamowanie i/lub osłabianie przylegania (adhezji) komórek bakterii, głównie Gram-ujemnych, do powierzchni różnych komórek zwierzęcych i ludzkich, w szczególności do komórek nabłonka dróg moczowych, tj. uroepitelium. Jak wiadomo, za przyleganie bakterii do komórek gospodarza odpowiadają adhezyny bakteryjne, zlokalizowane na powierzchni ich komórek. Dopiero przyłgnięcie i ścisłe przywiązanie się adhezyn bakterii do receptorów, znajdujących się na komórkach gospodarza, umożliwia rozwój infekcji bakteryjnej. Antocyjaniny ograniczają ten proces, ponieważ hamują adhezyny bakteryjne, posiadają silniejsze powinowactwo do receptorów powierzchniowych komórek bakteryjnych, które jeszcze nie przyłgnęły do nabłonka (w przypadku bakterii już przyczepionych, stopień obniżenia adhezji jest znacznie niższy). Dodatkowo zauważono, że efekt hamowania przylegania drobnoustrojów zależy jest prawdopodobnie od pH środowiska. W środowisku kwaśnym antocyjaniny wydają się być bardziej

aktywne. Następstwem działania antyadhezyjnego jest wypłukanie wraz z moczem niezwiązanych z receptorami patogenów. Ponadto antocyjaniny i proantocyjanidyny nie tylko zmniejszają przyczepność *E. coli* do uroepitelium, ale także ograniczają namnażanie się tych bakterii w drogach moczowych, działając samodzielnie jak również synergistycznie z antybiotykami [2, 3, 10, 28, 33, 52-54].

Badania *in vitro* udowodniły, że sok z owoców żurawiny jest silnym inhibitorem adhezji bakteryjnej do uroepitelium u ponad 60% spośród 77 badanych klinicznych szczepów *E. coli* i wywiera efekt antyadhezyjny, nawet w rozcieńczeniu 1:30 [41, 42]. Kolejne badania *in vitro* potwierdziły, że proantocyjanidyny zawarte w żurawinie zmniejszają zdolność *E. coli*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter jejuni*, *Porphyromonas gingivalis*, a także *Candida albicans* do przyczepiania się do nabłonka błon śluzowych. Sok z żurawiny hamował adhezję bakterii *E. coli* do komórek uroepitelium myszy na poziomie 80% oraz do komórek nerki psa [11, 18, 21, 26, 30, 43, 48].

Pod wpływem soku z żurawiny dochodziło do hamowania adhezji bakterii Gram-ujemnych (*E. coli*, *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., *Pseudomonas* spp.) pochodzących z dróg moczowych pacjentów z ZUM. Nie stwierdzono takiego działania wobec bakterii zasiedlających inne miejsca niż układ moczowy. Szczepy pochodzące z dróg moczowych były o 300% bardziej przyczepne do komórek nabłonka niż szczepy pobrane spoza układu moczowego. W przypadku komórek *E. coli* dodanych do komórek nabłonka dróg moczowych, ich adhezja już po 5 minutach od dodania soku z żurawiny obniżyła się o 70%. Efekt antyadhezyjny zaobserwowano w przypadku bakterii, które jeszcze nie zdążyły przyczepić się do komórek nabłonka, ze względu na silne powinowactwo antocyjanin do receptorów powierzchniowych komórek bakteryjnych. W przypadku bakterii już przyczepionych, stopień obniżenia adhezji był znacznie niższy i wynosił tylko ok. 42%. Badania prowadzone z użyciem *Pseudomonas* spp. i *Proteus* spp. również potwierdziły te wyniki dowodząc, że szczepy *E. coli* izolowane z układu moczowego posiadają 3-krotnie większą zdolność adhezji do komórek ludzkiego uroepitelium, niż bakterie z rodzajów *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., *Pseudomonas* spp. [11, 18, 21, 26, 30, 43, 48].

Działanie przeciwbakteryjne antocyjanin badano także, dodając do kolonii bakterii *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis* i *E. coli* sok z żurawiny, dwukrotnie rozcieńczony wodą destylowaną. Najbardziej wrażliwa na antocyjaniny okazała się być *K. pneumoniae*, już po 90 minutach liczba jej kolonii wyniosła 0. Po 24 godzinach nie zaobserwowano wzrostu kolonii *S. aureus* i *E. coli*. Najmniej wrażliwe na antocyjaniny były szczepy *S. enteritidis* i *E. faecalis*. Sok rozcieńczony wodą destylowaną 1:32 nadal wywierał aktywność przeciwbakteryjną wobec *K. pneumoniae*. Dokładniejsze badania wykazały, że na frakcję antocyjaninową wyizolowaną z soku z żurawiny wrażliwy był tylko *S. aureus*, na frakcję proantocyjanidynową wrażliwe były bakterie Gram-dodatnie (*S. aureus*, *E. faecalis*, *M. luteus*), natomiast *S. mutans* i bakterie Gram-ujemne (*E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) okazały się niewrażliwe na obie wyizolowane frakcje soku. W kolejnych badaniach sok został zagęszczony 5-krotnie i dopiero wówczas hamował wzrost szczepów *S. aureus*, *E. coli* i *P. aeruginosa* [18, 21, 35, 76].

Działanie antocyjanin na bakteryjne czynniki wirulencji

W dostępnym piśmiennictwie znaleziono niewiele wyników badań dotyczących wpływu antocyjanin, na niektóre z czynników zjadliwości bakterii *E. coli* i ich morfologię. Czynniki wirulencji ułatwiającymi bakteriom adhezję do uroepitelium są m.in.: hydrofobowość powierzchni komórek bakteryjnych, zdolność do tworzenia biofilmu, zdolność do ruchu oraz synteza fimbrii i adhezyn niefimbrialnych. Zdolność do ruchu, obecność adhezyn oraz hydrofobowy charakter powierzchni mikroorganizmów odgrywają kluczową rolę we wczesnych etapach formowania biofilmu [16, 46, 53, 54].

Właściwości hydrofobowe powierzchni komórek bakteryjnych odgrywają pośrednią rolę w pierwszej fazie procesu adhezji do komórek gospodarza, tj. podczas tworzenia kontaktu mikroorganizm-gospodarz. Zmniejszenie lub utrata zdolności do adhezji może być spowodowana zmianami w hydrofobowości powierzchni bakterii. Antocyjaniny wywierają wpływ na właściwo-

ści hydrofobowe powierzchni komórek bakteryjnych. Wpływ ten może być różny i zmienny, jednak wydaje się to zależeć od indywidualnych właściwości danego szczepu. Po zastosowaniu 12,5% soku z żurawiny u 10 z 11 testowanych szczepów paciorkowców zmniejszyła się hydrofobowość komórek bakteryjnych, jednocześnie ograniczając ich zdolność do adhezji. Hamujący wpływ na wszystkie testowane bakterie zaobserwowano w stężeniu 25% [51-53, 56].

Szczepy bakteryjne posiadające zdolność do tworzenia biofilmu odpowiedzialne są przede wszystkim za przewlekłe i/lub nawracające ZUM oraz za zakażenia pochodzenia odcewnikowego. Antocyjaniny z owoców żurawiny w różnym stopniu redukują biomasę biofilmu wytwarzaną przez szczepy *E. coli*, proces ten zależy od indywidualnych właściwości danego szczepu. Sok z żurawin redukuje tworzenie biofilmu na komórkach uroepitelium przez bakterie Gram-ujemne i Gram-dodatnie, a także na powierzchniach abiotycznych, takich jak szkło i tworzywa sztuczne, co ma znaczenie w zapobieganiu tworzeniu biofilmu u pacjentów cewnikowanych. Także badania na szczepach paciorkowców dowiodły hamującego wpływu soku z żurawiny. Szczepy *Streptococcus mutans*, *S. criceti*, *S. oralis* i *S. mitis* były bardziej wrażliwe na antocyjaniny, gdyż nie wytwarzały biofilmu już przy stężeniu 100 µg/ml, podczas gdy szczepy *Streptococcus sobrinus* i *S. sanguinis* utraciły tę zdolność dopiero w stężeniu 5-krotnie wyższym [1, 5, 9, 44, 56].

W badaniach *in vitro* sprawdzano także, czy sok z żurawiny hamuje adhezję bakterii i tworzenie biofilmu na tkankach spoza układu moczowego. Zauważono, że hamuje on przyleganie *E. coli* do komórek błony śluzowej policzka oraz koagregację bakterii tworzących płytkę nazębną, w tym *Fusobacterium nucleatum*, *S. oralis*, *S. sobrinus* i *S. mutans*. Koncentrat z żurawiny zmniejszył o 58% adhezję bakterii występujących w jamie ustnej do dziąseł i zębów. Zmniejszenie liczby bakterii w jamie ustnej oraz ich adhezji do dziąseł i zębów powinno zmniejszyć ryzyko zapalenia dziąseł i przyzębia, dlatego też korzystne może być płukanie jamy ustnej sokiem z żurawiny [12, 19]. Wyniki badań wpływu składników żurawiny na tworzenie biofilmu przez *S. mutans* na powierzchni płytki nazębnej wykazały, że najsilniejsze działanie hamujące wywierały proantocyjanidyny oraz flawonole, które zahamowały produkcję kwasów przez

komórki bakteryjne oraz aktywność glukozylo-transferazy i F-ATPazy, odgrywających znaczącą rolę w procesie przylegania bakterii do powierzchni. Spośród różnych kombinacji związków, najbardziej efektywne było jednoczesne działanie proantocyjanidyn, antocyjanin i flawonoli, które miało porównywalną aktywność do ekstraktu z żurawiny [25, 56]. Obserwacje te potwierdziły kolejne badania, w których ekstrakt z żurawiny hamował tworzenie się agregatów bakteryjnych na powierzchni płytki nazębnej i wzrost patogenów jamy ustnej w postaci biofilmu [19, 25]. Zawarte w owocach żurawiny polifenole, takie jak kwas taninowy i elagowy również działają hamująco na tworzenie biofilmu. Wzrost bakterii *Burkholderia cepacia* w postaci biofilmu był hamowany o 50% przez kwas elagowy [26]. Podobne wyniki, świadczące o hamującym wpływie polifenoli na tworzenie biofilmu przez patogenne streptokoki jamy ustnej, uzyskano w badaniach przeprowadzonych z użyciem polifenoli z liści zielonej herbaty. Ponadto udowodniono antyadhezyjny wpływ antocyjanin na szczepy *H. pylori* kolonizujące komórki nabłonka żołądka [8, 12, 19, 25, 31, 56, 57].

Antocyjaniny z owoców żurawiny mogą redukować udział fimbrii typu P we właściwościach adhezyjnych bakterii. Szczepy *E. coli* hodowane w obecności soku z żurawiny utraciły zdolność do adhezji, co badacze utożsamiają z utratą zdolności do syntezy fimbrii typu P, gdyż to one głównie odpowiadają za proces przylegania [2]. Mikroskopowe badania powierzchni komórek bakterii hodowanych w obecności soku z żurawiny wykazały, że powoduje on zmiany w konformacji makrocząsteczek struktur powierzchniowych bakterii [36]. Inne badania dowiodły, że bakterie *E. coli* syntezujące fimbrie typu P utraciły zdolność adhezji do komórek pęcherza moczowego po ich preinkubacji z moczem osób pijących sok żurawinowy [11, 23, 34] oraz z proantocyjanidynami wyekstrahowanymi z owoców żurawiny. Ponadto udowodniono, że sok z żurawiny może hamować ekspresję fimbrii typu 1 i typu P szczepów *E. coli*, jednak nie wywiera takiego efektu na adhezynę CFA I, dlatego bakterie, pomimo obecności soku, utrzymują zdolność adhezji do komórek uroepitelialnych [17, 23].

Badania prowadzone równolegle *in vitro* (na uropatogennych szczepach *E. coli* hodowanych w obecności ekstraktu z żurawiny) oraz *in vivo* (z udziałem pacjentów przyjmujących wyciąg

z żurawiny) ujawniły zahamowanie właściwości adhezyjnych pałeczek, wynikające z braku syntezy fimbrii typu P, co zostało potwierdzone metodą aglutynacji w obecności ludzkich krwinek A1 Rh+ [22]. Inni badacze do podobnych testów wykorzystali samą frakcję proantocyjanidyn i również zaobserwowali ich hamujący wpływ na zdolność zlepiania ludzkich erytrocytów przez bakterie *E. coli* wyizolowane z moczu pacjentów z ZUM [14, 15]. Badania innych autorów udowodniły, że ekspozycja na wzrastające stężenie proantocyjanidyn z żurawiny powoduje zmniejszenie przylegania do uroepitelium bakterii *E. coli* posiadających fimbrie typu P, ale efekt ten jest odwracalny, ponieważ bakterie po przeniesieniu do medium nie zawierającego proantocyjanidyn, odzyskują zdolność do adhezji na takim samym poziomie jak w próbie kontrolnej [39]. Doniesienia te pozostają w sprzeczności z wynikami wcześniejszych badań, których autorzy twierdzili, że antocyjaniny mogą redukować ekspresję fimbrii typu P na poziomie genetycznym [2, 21].

Przeciwbakteryjne działanie antocyjanin *in vivo*

Znaczną część piśmiennictwa stanowią wyniki badań klinicznych, w których sprawdzano właściwości farmakologiczne antocyjanin z żurawiny *in vivo* oraz efekty stosowania terapii sokiem lub preparatami farmaceutycznymi. Kobiety pijące dziennie 300 ml soku z żurawiny przez okres 6 miesięcy, miały o 58% mniejsze stężenie bakterii w moczu niż kobiety niespożywające tego soku. Badania kliniczne z zastosowaniem soku z żurawiny i/lub preparatów w postaci tabletek, przyniosły średnio 20% redukcję nawrotów infekcji dróg moczowych u kobiet, natomiast u mężczyzn po prostatektomii i radioterapii zastosowanie soku z żurawiny nie dało oczekiwanych efektów zmniejszenia częstości infekcji [2].

W szpitalach w USA i Kanadzie istnieje praktyka stosowania soku z żurawiny profilaktycznie przeciwko stanom zapalnym dróg moczowych, szczególnie u pacjentów po urazie kręgosłupa, którzy ze względu na problemy z przetrzymywaniem moczu w pęcherzu są najbardziej podatni na ZUM oraz u pacjentów cewnikowanych, ponieważ antocyjaniny zmniejszają przyczep-

ność bakterii także do tworzyw sztucznych, z których wykonane są cewniki moczowe. Takie postępowanie profilaktyczne pozwala zmniejszyć zapadalność na ZUM z 30% do 15%, a zużycie antybiotyków w leczeniu pacjentów z ZUM ze 100% do 50% [1, 9, 32, 44].

Interesującym jest fakt, że podawanie soku żurawinowego w ilości 500 ml dziennie powoduje wzrost o 30% stężenia witaminy C w surowicy krwi ludzkiej. Z tego względu preparaty żurawinowe znajdują coraz szersze zastosowanie w leczeniu ZUM. Ponadto istnieją doniesienia, iż preparaty te mogą być bezpiecznie stosowane przez chorych na kamice moczową, a nawet powinny być polecane pacjentom chorym przewlekle, gdyż redukują nawroty kamicy oraz współtowarzyszące infekcje [20].

Podsumowanie

Znane w medycynie ludowej przeciwbakteryjne działanie owoców żurawiny zostało potwierdzone współcześnie w badaniach naukowych. Ustalono, że za właściwości antybakteryjne odpowiadają antocyjaniny i proantocyjaniny, oraz że istnieje zależność pomiędzy obecnością tych związków chemicznych w codziennej diecie, a zdrowiem człowieka. Sok żurawinowy i preparaty farmaceutyczne zawierające skoncentrowany ekstrakt z owoców żurawiny mogą stanowić skuteczną alternatywę dla antybiotyków, zapobiegając bakteryjnym infekcjom dróg moczowych, zabezpieczając przed ich nawrotami lub skracając czas ich trwania.

Bibliografia

- [1] Allison D.G., Cronin M.A., Hawker J. et al., *Influence of cranberry juice on attachment of Escherichia coli to glass*, „J Basic Microbiol” 2000, no. 40, pp. 3-6.
- [2] Bailey D.T., Dalton C., Daugherty F.J. et al., *Can a concentrated cranberry extract prevent recurrent urinary tract infections in woman? A pilot study*, „Phytomedicine” 2007, no. 14, pp. 237-41.
- [3] Baranowska M., Bartoszek A., *Antioxidant and antimicrobial properties of bioactive phytochemicals from cranberry*, „Postepy Hig Med Dosw” (online) 2016, no. 70(0), pp. 1460-8.
- [4] Burdulis D., Sarkinas A., Jasutiene I., *Comparative study of anthocyanin composition, antimicrobial and antioxidant activity in bilberry (Vaccinium myrtillus L.) and blueberry (Vaccinium corymbosum L.) fruits*, „Acta Pol Pharm” 2009, no. 66(4), pp. 399-408.
- [5] Cesoniene L., Jasutiene I., Sarkinas A., *Phenolics and anthocyanins in berries of European cranberry and their antimicrobial activity*, „Medicina Kaunas” 2009, no. 45(12), pp. 992-9.
- [6] Chen H., Yu W., Chen G. et al., *Antinociceptive and Antibacterial Properties of Anthocyanins and Flavonols from Fruits of Black and Non-Black Mulberries*, „Molecules” 2017, no. 23(1), pii: E4.
- [7] Cheng C., Wang Z., *Bacteriostatic activity of Anthocyanin of Malva sylvestris*, „J Forestry Research” 2006, no. 17, pp. 83-5.
- [8] Cho Y.S., Schiller N.L., Kahng H.Y., *Cellular responses and proteomic analysis of Escherichia coli exposed to green tea polyphenols*, „Curr Microbiol” 2007, no. 55, pp. 501-6.
- [9] Cimolai N., Cimolai T., *The cranberry and the urinary tract*, „Eur J Clin Microbiol” 2007, no. 26, pp. 767-76.
- [10] Diarra M.S., Block G., Rempel H. et al., *In vitro and in vivo antibacterial activities of cranberry press cake extract alone or in combination with β -lactams against Staphylococcus aureus*, „BMC Complement Altern Med” 2013, no. 13, p. 90.
- [11] Di Martino P., Agniel R., David K., *Reduction of Escherichia coli adherence to uroepithelial bladder cells after consumption of cranberry juice: a double-blind randomized placebo-controlled cross-over trial*, „World J Urol” 2006, no. 24, pp. 21-7.
- [12] Duarte S., Gregoire S., Singh A.P., *Inhibitory effects of cranberry polyphenols on formation and acidogenicity of Streptococcus mutans biofilm*, „Microbiol Lett” 2006, no. 257, pp. 50-6.
- [13] Duman A.D., Ozgen M., Dayisoğlu K.S., *Antimicrobial activity of six pomegranate (Punica granatum L.) varieties and their relation to some of their pomological and phytonutrient characteristics*, „Molecules” 2009, no. 14, pp. 1808-17.
- [14] Foo L.Y., Lu Y., Howell A.B., *A-type proanthocyanidin trimers from cranberry that inhibit adherence of uropathogenic P-fimbriated E. coli*, „J Natur Prod” 2000, no. 63, pp. 1225-8.
- [15] Foo L.Y., Lu Y., Howell A.B., *The structure of cranberry proanthocyanidins which inhibit adherence of uropathogenic P-fimbriated Escherichia coli in vitro*, „Phytochem” 2000, no. 54, pp. 173-81.
- [16] Goulter R.M., Gentle I.R., Dykes G.A., *Issues in determining factors influencing bacterial attachment: a review using the attachment of Escherichia coli to abiotic surfaces as an example*, „Lett Appl Microbiol” 2009, no. 49, pp. 1-7.
- [17] Gupta K., Chou M.Y., Howell A., *Cranberry products inhibit adherence of P-fimbriated Escherichia coli to primary cultured bladder and vaginal epithelial cells*, „J Urolog” 2007, no. 177, pp. 2357-60.
- [18] Heinonen M., *Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics – a Finnish perspective*, „Mol Nutr Food Res” 2007, no. 51, pp. 684-91.
- [19] H R.R., Dhamecha D., Jagwani S. et al., *Formulation of thermoreversible gel of cranberry juice concentrate: Evaluation, biocompatibility studies and its antimicrobial activity against periodontal*

- pathogens, „Mater Sci Eng C Mater Biol Appl” 2017, no. 75, pp. 1506-14.
- [20] Hołderna-Kędzia E., *Charakterystyka botaniczna, skład chemiczny i właściwości biologiczne owoców żurawiny amerykańskiej (Vaccinium macrocarpon Aiton)*, „Post Fitoter” 2006, no. 7(1), s. 41-6.
- [21] Howell A.B., *Bioactive compounds in cranberries and their role in prevention of urinary tract infection*, „Mol Nutr Food Res” 2007, no. 51, pp. 732-7.
- [22] Howell A.B., Botto H., Combesure C. et al., *Dosage effect on uropathogenic Escherichia coli anti-adhesion of cranberry powder standardized for proanthocyanidin content: a multicentric randomized double blind study*, „BMC Infec Diseases” 2010, no. 10, <http://www.biomedcentral.com/1471-2334/10/94> (online: 26.03.2019).
- [23] Howell A.B., Foxman B., *Cranberry juice and adhesion of antibiotic-resistant uropathogens*, „J Americ Med Assoc” 2002, no. 287, pp. 3082-3.
- [24] Howell A.B., Reed J.D., Krueger C.G., *A-type cranberry proanthocyanidins and uropathogenic bacterial anti-adhesion activity*, „Phytochem” 2005, no. 66, pp. 2281-91.
- [25] Hrynash H., Pilly V.K., Mankovskaia A. et al., *Anthocyanin incorporated dental copolymer: bacterial growth inhibition, mechanical properties, and compound release rates and stability by (1)h NMR*, „Int J Dent” 2014, no. 289401.
- [26] Huber B., Eberl L., Feucht W., *Influence of polyphenols on bacterial biofilm formation and quorum-sensing*, „Z Naturforsch” 2003, no. 58c, pp. 879-84.
- [27] Jass J., Reid G., *Effect of cranberry drink on bacterial adhesion in vitro and vaginal microbiota in healthy females*, „Canadian J Urolog” 2009, no. 16, pp. 4901-7.
- [28] Junqueira-Gonçalves M.P., Yáñez L., Morales C. et al., *Isolation and characterization of phenolic compounds and anthocyanins from Murta (Ugni molinae Turcz.) fruits. Assessment of antioxidant and antibacterial activity*, „Molecules” 2015, no. 20(4), pp. 5698-713.
- [29] Johnson B.J., Lin B., Rubin R.A. et al., *Media acidification by Escherichia coli in the presence of cranberry juice*, „BCM Research Notes” 2009, no. 2, pp. 226.
- [30] Kim H.W., Chung D.H., Kim S.A. et al., *Synergistic cranberry juice combinations with natural-borne antimicrobials for the eradication of uropathogenic Escherichia coli biofilm within a short time*, „Lett Appl Microbiol” 2019 Feb 23 [Epub ahead of print].
- [31] Kim J.M., Kim K.M., Park E.H. et al., *Anthocyanins from black soybean inhibit Helicobacter pylori-induced inflammation in human gastric epithelial AGS cells*, „Microbiol Immunol” 2013, no. 57(5), pp. 366-73.
- [32] Lacombe A., Wu V.C., Tyler S., Edwards K., *Antimicrobial action of the American cranberry constituents: phenolics, anthocyanins, and organic acids, against Escherichia coli O157:H7*, „Int J Food Microb” 2010, no. 139, pp. 102-7.
- [33] Lai Y.F. et al., *The structure of cranberry proanthocyanidins which inhibit adherence of uropathogenic P-fimbriated Escherichia coli in vitro*, „Phytochem” 2000, no. 54, pp. 173-81.
- [34] Lee Y.L., Najm W.I., Owens J. et al., *Anti-microbial Activity of Urine after Ingestion of Cranberry: A Pilot Study*, „Evid Based Complement Alternat Med” 2010, no. 7(2), pp. 227-32.
- [35] Lian P.Y., Maseko T., Rhee M. et al., *The antimicrobial effects of cranberry against Staphylococcus aureus*, „Food Sci Technol Int” 2012, no. 18(2), pp. 179-86.
- [36] Liu Y., Black M.A., Caron L. et al., *Role of cranberry juice on molecular-scale surface characteristics and adhesion behavior of Escherichia coli*, „Biotech Bioengin” 2006, no. 93, pp. 297-305.
- [37] Nohynek L.J., Alakomi H.L., Kahkonen M.P., *Berry phenolics: antimicrobial properties and mechanisms of action against severe human pathogens*, „Nutr Cancer” 2006, no. 54, pp. 18-32.
- [38] Pavlikova I., Heinrich J., Bednar P., *Constituents and antimicrobial properties of blue honeysuckle: a novel source for phenolic antioxidants*, „J Agro Food Chem” 2008, no. 56, pp. 11883-9.
- [39] Pinzon-Arango P.A., Liu Y., Camesano T.A., *Role of cranberry on bacterial adhesion forces and implications for Escherichia coli uroepithelial cell attachment*, „J Med Food” 2009, no. 12, pp. 259-70.
- [40] Puupponen-Pimia R., Nohynek L., Alakomi H.L., *Bioactive berry compounds-novel tools against human pathogens*, „Appl. Microbiol. Biotechnol” 2005, no. 67, pp. 8-18.
- [41] Puupponen-Pimia R., Nohynek L., Hartmann-Schmidlin S., *Berry phenolics selectively inhibit the growth of intestinal pathogens*, „J Appl Microbiol” 2005, no. 98, pp. 991-1000.
- [42] Puupponen-Pimia R., Nohynek L., Meier C., *Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries*, „J Appl Microbiol” 2001, no. 90, pp. 494-507.
- [43] Rodríguez-Pérez C., Quirantes-Piné R., Uberos J., *Antibacterial activity of isolated phenolic compounds from cranberry (Vaccinium macrocarpon) against Escherichia coli*, „Food Funct” 2016, no. 7(3), pp. 1564-73.
- [44] Reid G., Hsieh J., Potter P., *Cranberry juice consumption may reduce biofilms on uroepithelial cells: pilot study in spinal cord injured patients*, „Spinal Cord” 2001, no. 39, pp. 26-30.
- [45] Silva S., Costa E.M., Mendes M., *Antimicrobial, antiadhesive and antibiofilm activity of an ethanolic, anthocyanin rich blueberry extract purified by solid phase extraction*, „J Appl Microbiol” 2016, no. 121(3), pp. 693-703.
- [46] Strugała P., Dudra A., Kucharska A. et al., *Biological activity of the methanol and water extracts of the fruits of anthocyanin-rich plants grown in south-west Poland*, „Nat Prod Commun” 2015, no. 10(3), pp. 467-74.
- [47] Strus M., Brzychczy-Włoch M., Chmielarczyk A., *Właściwości powierzchniowe szczepów Escherichia coli wyizolowanych z moczu kobiet z objawami zakażenia dróg moczowo-płciowych oraz ich wrażliwość na antagonistyczne działanie różnych gatunków Lactobacillus*, „Urolog Pol” 2005, no. 58, pp. 277-82.
- [48] Tufenkji N., Rifai O.J., Harmidy K. et al., *Cranberry derived proanthocyanidins can prevent pathogen*

- invasion of kidney epithelial cells*, „Food Res Internat” 2010, no. 43, pp. 922-4.
- [49] Viskelis P., Rubinskiene M., Jasutiene I., *Anthocyanins, antioxidative, and antimicrobial properties of American cranberry (Vaccinium macrocarpon Ait.) and their press cakes*, „J Food Science” 2009, no. 74, pp. 157-61.
- [50] Werlein H., Kutemeyer C., Schatton G., *Influence of elderberry and blackcurrant concentrates on growth of microorganisms*, „Food Control” 2005, no. 16, pp. 729-33.
- [51] Wojnicz D., Cisowska A., Jankowski S., Doroszkiewicz W., *Wpływ stężeń podprogowych amikacyny na hydrofobowość powierzchni pałeczek Escherichia coli izolowanych od dzieci z zakażeniem układu moczowego*, „Pol Merk Lek” 2002, no. 71, pp. 387-91.
- [52] Wojnicz D., Jankowski S., *Effects of subinhibitory concentrations of amikacin and ciprofloxacin on the hydrophobicity and adherence to epithelial cells of uropathogenic Escherichia coli strains*, „Int J Antimicrob Agents” 2007, no. 29, pp. 700-4.
- [53] Wojnicz D., Sycz Z., Walkowski S. et al., *Study on the influence of cranberry extract Żuravit S·O·S (®) on the properties of uropathogenic Escherichia coli strains, their ability to form biofilm and its antioxidant properties*, „Phytomedicine” 2012, no. 19(6), pp. 506-14.
- [54] Wojnicz D., Tichaczek-Goska D., Korzekwa K. et al., *Study of the impact of cranberry extract on the virulence factors and biofilm formation by Enterococcus faecalis strains isolated from urinary tract infections*, „Int J Food Sci Nutr” 2016, no. 67(8), pp. 1005-16.
- [55] Wu V.C.H., Qiu X., Bushway A. et al., *Antibacterial effect of American cranberries (Vaccinium macrocarpon) on foodborne pathogens*, „LWT-Food Science and Technology” 2008, no. 41, pp. 1834-41.
- [56] Yamanaka A., Kimizuka R., Kato T. et al., *Inhibitory effects of cranberry juice on attachment of oral streptococci and biofilm formation*, „Oral Microbiol Immunol” 2004, no. 19, pp. 150-4.
- [57] Yoo S., Murata R.M., Duarte S., *Antimicrobial traits of tea- and cranberry- derived polyphenols against Streptococcus mutans*, „Caries Res” 2011, no. 45(4), pp. 327-35.

ANTIMICROBIAL ACTION OF ANTHOCYANINS FROM CRANBERRY FRUITS

Summary

This article is a review of studies confirming the antibacterial activity of anthocyanins from cranberry fruit. In recent years, there has been a growing number of scientific reports on the antibacterial activity of anthocyanins, its mechanisms of action and the results of the use these compounds, especially in chronic and/or recurrent urinary tract infections (UTIs). Scientific research, both in vitro and clinical in vivo, have proven that juice and preparations from cranberry fruit have a beneficial effect on human health as a urodesinficientia and can be an effective alternative to antibiotics, preventing bacterial UTI and their recurrence or shortening the time their duration. In the curative and prophylactic activities, the major role of anthocyanins plays their impact on the uropathogenic strains of Escherichia coli (UPEC) that most often cause UTI. The mechanism of anthocyanins action is based on their particularly strong anti-adhesive activity, i.e. inhibiting adherence of bacterial cells to uroepithelium; and also on limiting the multiplication of bacteria and inhibiting their growth, including by destabilizing the cytoplasmic membrane.

Keywords: anthocyanins, proanthocyanidins, cranberry, treatment and prevention of UTI.

CHARAKTERYSTYKA ANTOCYJANIN Z OWOCÓW ŻURAWINY. WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE, FARMAKOKINETYCZNE I FARMAKOLOGICZNE

Zuzanna Sycz

Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Katedra i Zakład Biologii i Parazytologii Lekarskiej

Streszczenie

Celem niniejszego artykułu przeglądowego jest charakterystyka antocyjanin jako grupy związków pochodzenia roślinnego, tradycyjnie stosowanych profilaktycznie i leczniczo w schorzeniach dróg moczowych. Praca opisuje ich strukturę i właściwości chemiczne, surowce farmakognostyczne obfitujące w antocyjaniny i proantocyjanidyny, właściwości farmakokinetyczne (wchłanianie, dystrybucję, metabolizm i wydalanie) oraz działanie farmakologiczne tych związków. Owoce żurawiny, bogate w antocyjaniny i proantocyjanidyny, wykazują korzystny wpływ na zdrowie człowieka, szczególnie jako środki chroniące przed bakteryjnymi zakażeniami układu moczowego (ZUM).

Słowa kluczowe: antocyjaniny, proantocyjanidyny, żurawina, leczenie i profilaktyka ZUM.

Struktura i właściwości chemiczne

Antocyjaniny (zwane także antocyjanozydami) są to polifenolowe barwniki roślinne o charakterze glikozydowym. Jako pochodne 2-fenylo-benzo- γ -pironu zbudowane są z trójpierścieniowej, 15-węglowej (C₆-C₃-C₆) części aglikonowej (zwanej antocyjanidyną) oraz części cukrowej (złożonej z 1-3 cząsteczek cukrów prostych). Antocyjaniny są to zatem formy glikozydowe antocyjanidyn. Zarówno antocyjaniny, jak i antocyjanidyny objęte są łączną nazwą antocyjany [16, 17, 27].

Pod względem biochemicznym antocyjany jako pochodne flawanu zaliczane są do grupy flawonoidów. Antocyjany są również spokrewnione z leukoantocyjanidynami (proantocyjanidynami) oraz katechinami. Biosynteza antocyjanów przebiega w sposób podobny do flawonoidów, tj. poprzez kwas szikimowy i choryzmowy. W jej wyniku tworzy się pierścień aromatyczny B oraz łańcuch trójwęglowy. Pierścień aromatyczny A formuje się z jednostek C₃ aktywnego malonianu. W końcowym etapie biosyntezy następuje glikozydacja i ewentualnie metylacja lub acetylacja grup hydroksylowych [24, 17, 20, 36].

Antocyjany są szczególnie rozpowszechnione w świecie roślinnym. Występują przede wszystkim jako barwniki kwiatów i owoców, często li-

ści i łodyg, rzadziej korzeni i drewna. Najczęściej występują w postaci glikozydowej, czyli jako antocyjaniny, a tylko w niektórych rodzinach botanicznych jako acetylowane antocyjany lub w postaci połączeń antocyjanidyn z kwasem cynamonowym lub fenolokwasami. Różnorodność antocyjanin dotyczy głównie części cukrowej (sposób glikozylacji, obecność grup acylowych), jednak 90% antocyjanin bazuje na 6 podstawowych aglikonach (rycina 1, tabela 1) [16, 17, 33, 36].

Nazwa „antocyjany” pochodzi od greckich słów: *anthos* – kwiat i *kyanos* – niebieski. Zabarwienie antocyjanów jest szkarłatno-karmazynowe, czerwone, różowe, niebieskie, fioletowe, a nawet czarne. Zależy ono od ilości i rozmieszczenia grup hydroksylowych w pierścieniu B, ich ewentualnej metylacji, budowy części cukrowej, pH soku komórkowego oraz od kompleksów metalicznych, jakie tworzą z Fe³⁺ i Al³⁺. Zazwyczaj w środowisku kwaśnym antocyjany mają barwę czerwoną, przechodzącą podczas alkaliczacji w niebieską. Jednak antocyjany mające wolne grupy hydroksylowe w pozycji 3' i 4' (np. cyjanidyna i delfinidyna) są zdolne do wytwarzania kompleksów metalicznych z Fe³⁺ i Al³⁺ połączonych ponadto polimerami kwasu galak-

turonowego, które to kompleksy zachowują barwę niebieską nawet w środowisku słabo kwaśnym. Pelargonidyna natomiast nie tworzy kompleksów metalicznych z żelazem i glinem, z powodu braku grupy hydroksylowej w pozycji 3' [17, 20, 24, 27, 33].

Stabilność, biodostępność i aktywność biologiczna antocyjanin są ściśle związane z ich strukturą chemiczną. Antocyjaniny, dzięki obecności części cukrowej, są stosunkowo trwałe w środowisku soku komórkowego (tj. lekko kwaśnym). Są rozpuszczalne w wodzie. Występują w roślinach w postaci kationu z dodatnim ładunkiem na atomie tlenu (sól typu oksoniowego) [24, 17, 36].

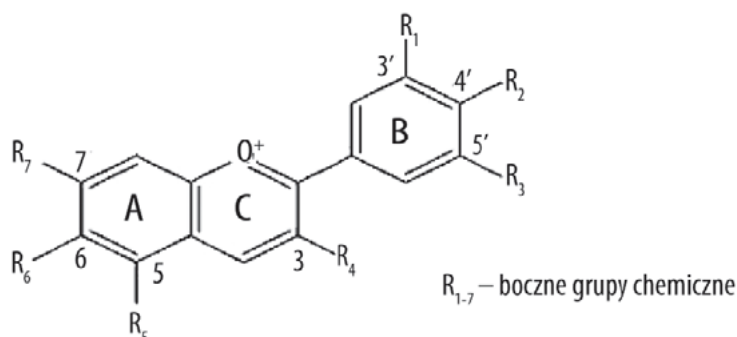
Części aglikonowe antocyjanin, czyli antocyjanidyny, można otrzymać z antocyjanin w wyniku hydrolizy połączeń glikozydowych. Są one słabymi zasadami wielowodorotlenowymi i tworzą łatwo krystalizujące sole karboniowe, pozostające w równowadze z trwalszymi w środowisku kwaśnym solami oksoniowymi (tzw. benzopirylium lub flawylium). Kation flawyliowy (2-fe-

nylobenzopiryliowy) jest macierzystą strukturą antocyjanidyn, aglikonowych składników antocyjanin. Posiada 7 różnych bocznych grup chemicznych. Boczne grupy mogą stanowić atom wodoru, grupa wodorotlenowa lub metoksylova (rysunek 1 i tabela 1). Antocyjanidyny są nietrwałe i łatwo rozkładają się lub polimeryzują na światło i w obecności tlenu, dlatego wolne aglikony niezwykle rzadko występują w roślinach. Różnice w budowie poszczególnych antocyjanidyn dotyczą ilości i pozycji podstawników hydroksylowych i metoksylowych w części aglikonowej (pierścieniu B), co wpływa na ich zróżnicowaną zdolność do oddziaływania z substancjami biologicznie czynnymi w organizmie człowieka. Podstawowy szkielet aglikonu, z nielicznymi wyjątkami, posiada grupę hydroksylową przy C-3. Grupy hydroksylowe i/lub metoksylowe mogą znajdować się również przy C-5, 7, 3', 4', 5'. Do najczęściej występujących w przyrodzie antocyjanidyn należą: pelargonidyna, cyjanidyna, delfinidyna, peonidyna, petunidyna i malwidyna [6, 9, 16, 17, 20, 27, 34, 36].

Tabela 1. Główne grupy antocyjanidyn, R₁ – R₇ są bocznymi grupami wg rysunku 1

Antocyjanidyna	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	Barwa	Symbol E	Częstość występowania (%)
cyjanidyna	OH	OH	H	OH	OH	H	OH	purpurowo-różowa	E163a	50
delfinidyna	OH	OH	OH	OH	OH	H	OH	fioletowa, niebieska	E163b	12
pelargonidyna	H	OH	H	OH	OH	H	OH	pomarańczowa, łososiowa	E163d	12
malwidyna	OCH ₃	OH	OCH ₃	OH	OH	H	OH	fioletowa	E163c	7
peonidyna	OCH ₃	OH	H	OH	OH	H	OH	purpurowo-różowa	E163e	12
petunidyna	OH	OH	OCH ₃	OH	OH	H	OH	fioletowa	E163f	7

Źródło: [13].



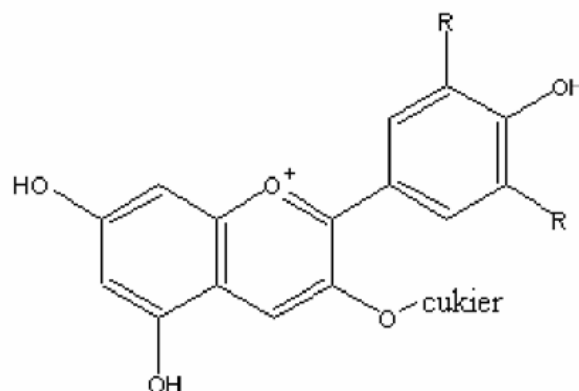
Rysunek 1. Kation flawyliowy, podstawowa struktura antocyjanin

Pokazano numerację szkieletu węglowego i lokalizację podstawników spotykanych naturalnie (R₁₋₇ = H, OH, OCH₃). Najczęściej występujące kombinacje bocznych grup i ich nazwy przedstawiono w tabeli 1

Źródło: [13].

Antocyjaniny różnią się także liczbą i pozycją cukrów przyłączonych do szkieletu aglikonowego oraz ewentualną acetylacją grup cukrowych. Części cukrowe antocyjanin stanowi zazwyczaj glukoza, rzadziej galaktoza, bardzo rzadko rannoza, ksyloza lub arabinoza. Zwykle występuje jedna cząsteczka cukru prostego przyłączona przy C-3 antocyjanidyny, tworząc monozyd (rysunek 2). Jeśli występuje dwucukier, to jest nim rutynoza lub ksylozylglukoza. U diglikozydów lub triglikozydów cząsteczki cukrów są przyłączone przy C-3 aglikonu, czasami przy C-5 lub C-7, jeszcze rzadziej przy 3', 4', 5'. Grupa hydrok-

sylowa przy C-4 jest zawsze wolna. Najczęściej występującymi antocyjaninami są 3-glikozydy i 3,5-diglikozydy. W przypadku ponad 65% antocyjanin reszty glikozydowe są podstawione resztą acylową: kwasem alifatycznym (malonowym, jabłkowym) lub aromatycznym (*p*-kumarowym, synapinowym, wanilinowym, ferulowym, kawowym, *p*-hydroksy-benzoowym, galusowym). Nie znaleziono pochodnych mających wszystkie grupy OH podstawione cukrem lub grupą metylową. Wolna grupa OH w położeniu 5, 7 lub 4' jest niezbędna do istnienia barwy tych związków *in situ* [6, 17, 20, 27, 36].



Rysunek 2. Schemat szkieletu antocyjaniny (antocyjanidyna z miejscem przyłączenia podstawnika cukrowego przy C-3)

Źródło: [13].

Antocyjaniny produkowane są przez rośliny w największych ilościach w miejscach narażonych na działanie promieniowania. Z uwagi, że mają one zdolność bezpośredniej absorpcji światła, pełnią w ten sposób funkcje ochronne. Maksimum absorpcji antocyjanów przypada na długości fali 270-300 nm i 500-550 nm [24, 34].

Antocyjaniny wykorzystywane są również jako naturalne barwniki spożywcze, co zaprezentowano w tabeli 1. Uzyskanie stabilnej barwy przetwarzanych oraz przechowywanych produktów żywnościowych stanowi wyzwanie technologiczne. Prowadzone są również liczne badania naukowe, których celem jest zwiększenie wykorzystywania naturalnych barwników w produktach żywnościowych. Antocyjany, ze względu na intensywne zabarwienie oraz powszechne występowanie w roślinach, są składnikiem doskonale nadającym się do wykorzystania w tym celu. Najczęściej stosowane są antocyjany z czerwonej kapusty, gdyż dzięki znacznej acylacji cząsteczek, wykazują największą odporność na zmiany

pH, przez co zachowują aktywność biologiczną w stosunkowo szerokim zakresie pH, podczas gdy antocyjany pochodzące z innych roślin są stabilne tylko w środowisku kwaśnym, znacznie poniżej warunków fizjologicznych [16, 28, 36].

Leukoantocyjanidyny (proantocyjanidyny) stanowią grupę pośrednią pomiędzy flawonoidami a antocyjaninami. Są produktem utlenienia katechiny (hydroksyflawandiolu-3,4), ich podstawowy szkielet ma charakter flawandiolu. Są substancjami bezbarwnymi, krystalicznymi. Monomeryczne leukoantocyjanidyny pod wpływem kwasów utleniają się i przechodzą w barwne antocyjanidyny. Proantocyjanidyny występujące w gryce po hydrolizie dają antocyjanidyny. Postaci di-, oligo- i polimeryczne (mające charakter protogarbników), przechodzą w garbniki. Podstawowa struktura polimerycznych proantocyjanidyn składa się z jednostek polihydroksyflawan-3-olu połączonych wiązaniami C-C [1, 34, 36].

Proantocyjanidyny monomeryczne nierzadko współtowarzyszą antocyjaninom w roślinach, są biologicznie czynne i warunkują synergistyczny efekt leczniczy, podobnie jak antocyjaniny. W owocach żurawiny wielkoowocowej zidentyfikowano tzw. procyjanidyny A₂ i B₂ oraz trimery 3-proantocyjanidyny. Nie stwierdzono ich obecności w żurawinie błotnej. Występujące w owocach żurawiny wielkoowocowej proantocyjanidyny i być może związki o właściwościach garbników zmniejszają zdolność *Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter jejuni*, *Porphyromonas gingivalis*, *Candida albicans* do przyczepiania się do nabłonka błon śluzowych narządów efektorowych i zagnieżdżania się w nim. Proantocyjanidyny są także zawarte w owocach i liściach winorośli, jak również w czerwonym winie. Badania *in vitro* wykazały, że proantocyjanidyny występujące w winogronach mają silniejsze właściwości antyoksydacyjne niż witamina E, α -tokoferol, witamina C czy β -karoten. Oligomery proantocyjanidynowe uważane są za najskuteczniejsze przeciwutleniacze roślinne. Proantocyjanidyny mają wybitną aktywność usuwania wolnych rodników i hamowania oksydacji LDL *in vitro*, co potwierdzono *in vivo* u szczurów. Wykazują korzystne działanie na poniedokrwinną czynność lewej komory serca poprzez zmniejszenie rozmiarów martwicy mięśnia sercowego, liczbę uwalnianych w miokardium wolnych rodników, stężenie kinazy kreatynowej oraz ryzyko wystąpienia migotania komór i tachykardii. U chorych na stenozę wieńcową opóźniają proces patologicznej przebudowy ściany naczyń wieńcowych oraz zmniejszają ciśnienie skurczowe krwi, co poprawia parametry hemodynamiczne krążenia wieńcowego. Wyciąg z nasion winogron jest stosowany jako środek wspomagający leczenie przewlekłej niewydolności żylnej i mikroangiopatii. Leukoantocyjanidyny oligomeryczne, występujące w owocach głogu, warunkują kardi toniczne działanie surowca. Istnieją doniesienia, iż pod wpływem proantocyjanidyn dochodzi do zmniejszenia formowania się płytki nazębnej, co zmniejsza ryzyko chorób przyzębia. Aktywne proantocyjaniny występują również w kakao i jabłkach [3, 12, 17, 20, 21, 36].

Dimery proantocyjanidy charakteryzują się dużym powinowactwem do wiązania z białkami ludzkiej śliny bogatymi w prolinę. Inkubacja oligomerów (dimerów–heksamerów) proanto-

cyjanidyn w obecności śliny przez 30 minut nie powodowała rozkładu tych związków. Oligomery od trimerów do dekamerów izolowane z kakao są niestabilne w kontakcie z sokiem żołądkowym *ex vivo* i tworzą monomery, natomiast badania *in vivo* wykazały, że pozostają niezmiennione. Oligomery o dużej masie cząsteczkowej odznaczają się dużym powinowactwem do struktur białkowych ściany jelita. Badania wykazały jednak, że tylko dimery oraz trimery są w stanie przenikać przez śluzówkę jelita już po 30 minutach od podania pokarmu bogatego w te związki. Absorpcja proantocyjanidyn z przewodu pokarmowego jest stosunkowo niska. Te, które nie uległy wchłonięciu, mogą być degradowane przez mikroflorę jelitową do niskocząsteczkowych kwasów aromatycznych, różniących się profilem hydroksylacji i długością łańcucha bocznego. Wchłanianie proantocyjanidyn z przewodu pokarmowego myszy następuje szybko. Maksymalne stężenie we krwi jest osiągalne po 45 minutach. W ciągu 24 godzin zostaje wydalone 70% podanej dawki (45% z kałem, 19% z moczem i 6% jako CO₂). Główne metabolity wydalone z moczem to: kwas hipurowy, etylokathechol i kwas 3-hydroksyfenylopropionowy. W kale oznaczono głównie etylokathechol. Do żółci wydzielany jest kwas wanilinowy i 3-hydroksyfenylopropionowy [3, 12, 14, 36].

Surowce farmakognostyczne

Do surowców roślinnych (kwiatów i owoców), szczególnie bogatych w antocyjaniny, zalicza się [8, 17, 20, 34, 35]:

- kwiat hibiskusa (ketmii szczawiowej) *Hibiscus sabdariffa* L. var. *ruber* = *Sabdariffa rubra* (1,5% antocyjanin);
- owoc bzu czarnego *Sambucus nigra* L. (0,2-1% antocyjanin);
- owoc borówki czernicy *Vaccinium myrtillus* L. (0,1-0,6% antocyjanin, najwięcej pochodnych cyjanidyny i delfinidyny) [4];
- owoce i liście aronii czarnoowocowej *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot. (0,3% antocyjanin) [31, 32];
- owoce żurawiny wielkoowocowej (amerykańskiej) *Oxycoccus macrocarpus* (Aiton) Pers. = *Vaccinium macrocarpon* Aiton, (0,018% antocyjanin i proantocyjanidyn,

- najwięcej pochodnych peonidyny i cyjanidyny) [11];
- owoce żurawiny błotnej *Oxycoccus palustris (quadripelatus)* Pers. = *Vaccinium oxycoccus* L.;
 - owoce i liście winorośli właściwej *Vitis vinifera* L. (najwięcej pochodnych malwidyny) [5];
 - owoc porzeczki czarnej *Ribes nigrum* L.;
 - owoc czarnej jagody *Vaccinium corymbosum* L. (najwięcej pochodnych malwidyny) [22];
 - owoc jagody kamczackiej *Lonicera caerulea*;
 - kwiat chabru bławatka *Centaurea cyanus*;
 - kwiat malwy czarnej (topolówki) *Alcea rosea var. nigra*;
 - kwiat ostróżeczki polnej *Consolida regalis*.

Źródłem antocyjanin jest wiele owoców (jeżyny, maliny, truskawki, wiśnie, śliwki, jabłka, czerwone grejpfruty, granaty); warzyw (marchew purpurowa i czarna, kapusta czerwona, kukurydza purpurowa, ziemniaki czerwone, rzodkiew czerwona i czarna, pomidory, cebula, brokuły, sałata), a także ryż i gryka. Badania wykazały, że większa ilość antocyjanin znajduje się w skórce niż w miąższu surowca. W większości owoców występuje 3-glukozyd cyjanidyny [8, 17, 34, 35].

Ze względu na powszechność występowania, pewne ilości antocyjanin są składnikami diety człowieka. Dane dotyczące zawartości antocyjanin w diecie i ich dziennego spożycia są jedynie szacunkowe, np. średnie spożycie antocyjanin w populacji amerykańskiej wynosi, w zależności od badania, od 12,5 do 200 mg/dzień/osobę. Dla Polaków najważniejszym źródłem antocyjanin są owoce aronii czarnoowocowej i jej przetwory (soki, dżemy, wina). Sprzyja temu skala produkcji tych owoców w Polsce, która wynosi ok. 50 tys. ton rocznie. Sok z aronii jest bogaty w antocyjaniny (306-330 mg/100 g). W odniesieniu do owoców żurawiny, których spożywanie w postaci nieprzetworzonej jest utrudnione ze względu na ich cierpki smak, najlepszy ze względów terapeutycznych jest świeży sok lub liofilizowane ekstrakty z żurawiny (suplementy diety). Zastosowanie żurawiny w formie kompotów czy dżemów jest niekorzystne, ze względu na to, że gotowanie niszczy nietrwałe proantocyjanidyny [31, 32].

Skład chemiczny owoców żurawiny wielkoowocowej jest następujący: kwasy organiczne (hydroksykwasy: kwas cytrynowy i kwas jabł-

kowy; kwasy alifatyczne: kwas β -hydroksymasłowy, kwas malonowy, kwas glukuronowy; kwasy aromatyczne: kwas chinowy, kwas benzoowy, kwas p-hydroksyfenylooctowy, kwas szikimowy; fenolokwasy: kwas salicylowy, kwas elagowy, kwas ferulowy, kwas synapinowy, kwas 2,3-dihydroksybenzoowy i 3,4-dihydroksybenzoowy, kwas fenyloborowy, kwas parasorbowy), polifenole roślinne (kemferol, kwercetyna, rutozyd, glikozydy flawonolowe), glikozydy antocyjaninowe (3-arabinozydy, 3-galaktozydy i 3-glukozydy cyjanidyny, peonidyny, malwidyny i delfinidyny) oraz cykliczne proantocyjanidyny w ilości 18 mg/100 g, terpeny (lotne terpeny, woski, estry trójterpenowe), aldehydy, kwas ursolowy, kwas oleanolowy, sterole roślinne (β -sitosterol i stigmasterol), glukoza, fruktoza, woda, wit. A, B₁, B₂, C (13,5 mg/100 g), PP, mikroelementy, pektyny, błonnik, garbniki katechinowe, lektyny [11, 18, 21].

Badania wykazały, że ekstrakt z żurawiny wielkoowocowej zawiera: peonidyno-3-O-galaktozyd (7,86 mg/g), cyjanidyno-3-O-galaktozyd (6,28 mg/g), cyjanidyno-3-O-arabinozyd (5,37 mg/g), peonidyno-3-O-arabinozyd (3,48 mg/g), cyjanidyno-3-O-glukozyd (1,32 mg/g), peonidyno-3-O-glukozyd (0,67 mg/g) i malwidyno-3-O-arabinozyd (0,14 mg/g). Antocyjaniny stanowią około 30% z zawartych w żurawinie ok. 150 związków fenolowych [70, 21, 24, 34].

Właściwości farmakokinetyczne

Właściwości farmakokinetyczne antocyjanin nie zostały jeszcze do tej pory szczegółowo zbadane, ponieważ oznaczenie antocyjanin i ich metabolitów w płynach ustrojowych jest trudne z powodu niestabilności tych związków w wysokim pH. Wyniki badań klinicznych oraz na modelach zwierzęcych wskazują, że antocyjaniny są wchłaniane i eliminowane z organizmu w bardzo krótkim czasie, jednak właściwa wydajność ich absorpcji jest stosunkowo niska. Mając na uwadze niewielki stopień wchłaniania, powinno stosować się antocyjaniny w wysokich dawkach. Najczęściej stosowane dawki w badaniach klinicznych wynoszą 300 mg/dobę. Antocyjaniny są bezpieczne dla człowieka i praktycznie niemożliwe byłoby ich przedawkowanie. W trakcie prób nad ustaleniem dawki toksycznej antocyjanin w po-

staci krystalicznej metodą wyznaczenia LD_{50} stwierdzono, że nawet podanie dawki 5 g/kg mc. w postaci wodnego roztworu nie wywoływało żadnych objawów toksycznych [2, 7, 14, 17, 20].

Wchłanianie i dystrybucja

Antocyjaniny ze względu na glikozylację były przez długi czas uważane za niewchłanianalne w przewodzie pokarmowym człowieka. Różne badania wykazały, że antocyjaniny z owoców żurawiny wchłaniają się szybko, lecz w niewielkim stopniu. Największe stężenie osiągają we krwi po około 15-90 minutach po spożyciu posiłku będącego ich źródłem, a maksymalne stężenia antocyjanin w osoczu wynoszą 1-100 nmol/l [2, 14, 15]. Kolejne badania wykazały, że wchłanianie antocyjanin z soku z czerwonych porzeczek oraz z ekstraktu z bzu czarnego zachodzi szybko i bez różnic w czasie. W przewodzie pokarmowym wchłaniają się w niewielkim stopniu (0,01%-0,03%), głównie w jelicie cienkim i żołądku, a ich największe stężenia w surowicy stwierdzono w czasie od 30 min do 2 godzin od podania. Stężenie antocyjanin we krwi osiągane po spożyciu soku z czerwonych porzeczek oraz z ekstraktu z bzu czarnego wynosiło w granicach 10^{-8} - 10^{-7} mol/l. Stwierdzono także, że po spożyciu czarnych jagód, antocyjaniny pojawiały się we krwi już po kilku minutach, osiągając maksymalne stężenie we krwi po 30 minutach, po 6 godzinach były niewykrywalne, a ilość zaabsorbowanych i wydalonych z moczem antocyjanin stanowiła jedynie 0,1% podanej dawki. Z kolei przy stosowaniu diety bogatej w czarne maliny (2,69 g antocyjanin/dobę), absorpcji i wydaleniu z moczem uległo mniej niż 1% spożytych antocyjanin. Również dystrybucja antocyjanin nie jest dokładnie poznana. Wykazano, że antocyjaniny mogą wiązać się z białkami krwi, zachowując nienaruszoną strukturę [7, 9, 19, 22, 27, 29].

Przez długi czas uważano, że antocyjaniny, obecne w naturze jako połączenia glikozydowe, wchłaniane są dopiero po hydrolizie prowadzonej przez bakterie jelitowe [2, 14, 15]. Kolejne badania potwierdziły jednak możliwość wcześniejszej absorpcji glikozydów. Szybkie pojawienie się we krwi antocyjanin wskazuje, że ich absorpcja może odbywać się w żołądku i jelicie cienkim. Przez nabłonek jelita cienkiego antocyjaniny przenikają w niewielkim stopniu, więk-

szość przechodzi do jelita grubego. Zróżnicowany poziom wchłaniania i biodostępności antocyjanin oraz szybkość ich metabolizmu w istotny sposób zależą od ich struktury chemicznej, zwłaszcza od rodzaju aglikonu, sposobu glikozylacji oraz obecności grup acylowych. Formy glikozydowe wchłaniane są przez ściany jelita przy udziale swoistego przenośnika, tj. transportera glukozy zależnego od jonów Na^+ (SGLT1), czego potwierdzeniem jest obecność mono-, di- i triglikozydów cyjanidyny, peonidyny i delphinidyny we krwi i w moczu. Udział w absorpcji antocyjanin bierze również bilitranslokaza, tj. transporter błonowy anionów organicznych obecny w komórkach błony śluzowej żołądka i w wątrobie. Substratem dla bilitranslokazy są aglikony oraz pochodne mono- i diglikozydowe. Badania porównawcze nad wchłanianiem antocyjanin wykazały ich słabą absorpcję w porównaniu z innymi flawonoidami. Wykazano również, że przyjmowanie antocyjanin z alkoholem przyspiesza ich wchłanianie, a z cukrem utrudnia [7, 9, 19, 22, 27, 29].

Metabolizm i wydalanie

Wykazano istnienie zależności pomiędzy ilością wchłanianych antocyjanin a miejscem ich metabolizmu. Przy niskich dawkach odbywa się on w nabłonku jelita, przy większych dopiero w wątrobie. Na uwagę zasługuje fakt dużej labilności antocyjanin pod wpływem czynników trawiennych i pH treści jelitowej, lecz największy wpływ na ich formę i aktywność ma mikroflora jelitowa. Pod wpływem drobnoustrojów jelitowych hydrolizujących wiązania glikozydowe, najszybciej rozkładane są glikozydy antocyjanowe, następnie galaktozydy, natomiast największą stabilnością charakteryzują się arabinozydy i ksylozydy. W jelicie grubym najliczniej występującą grupą metabolitów antocyjaninowych są kwasy fenolowe. Enzymami odpowiedzialnymi za biotransformację antocyjanin są: transferaza UDP-glukuronowa, dehydrogenaza UDP-glukozowa i katechol-O-metylotransferaza (COMT). Znajdują się one w jelicie cienkim, wątrobie oraz nerkach i zależnie od struktury antocyjanin powodują różne ich modyfikacje. Dzięki temu w krwi i moczu wykrywa się obecność zarówno pierwotnych form tych związków, jak i ich metabolitów. Przykładowo w badaniach przeprowadzanych na zwierzętach, którym po-

dawano aronię czarnoowocową, wykazano obecność w moczu 4 niezmetabolizowanych antocyjanin i 14 metabolitów [2, 7, 9, 10, 14, 15, 19, 27, 29, 31, 32].

Podczas metabolizmu antocyjaniny ulegają przede wszystkim reakcji 3'-O-metylacji, która zachodzi głównie w wątrobie przy udziale O-metylotransferazy katecholowej. W wątrobie szczurów oznaczono zmetylowane formy antocyjanin w stężeniu wyższym niż związki wyjściowe. Wykazano możliwość przechodzenia zmetylowanych pochodnych do krwi i wydalania z moczem, gdzie oznaczono produkty metylacji 3-glukozydu cyjanidyny (tj. 3-glukozyd peonidyny) i 3-sambubiozydu cyjanidyny (3-sambubiozyd peonidyny). Kolejne procesy metaboliczne, jakim ulegają antocyjaniny, to koniugacja z kwasem glukuronowym lub siarkowym, która może zachodzić w jelicie cienkim lub nerkach. Metabolity wydalane są z moczem po kilku godzinach od spożycia produktów zawierających antocyjaniny. Jednak w badaniach na szczurach karmionych pożywieniem bogatym w antocyjaniny wykazano, że związki te są obecne w tkankach organów, takich jak: żołądek, jelito cienkie, wątroba, nerki oraz mózg. W związku z tym, że metabolizm antocyjanin polega głównie na glukuronidacji, metylacji oraz na sprzęganiu z kwasem siarkowym, głównymi metabolitami antocyjanin w moczu są związki glukuronidowane (np. glukuronidy 3-glukozydów cyjanidyny i peonidyny) i metylowane. W bardzo niskich stężeniach obecne są pochodne sulfonowane. Udokumentowano także obecność w moczu niezmiennych antocyjanin. Po podaniu owoców jagodowych i czerwonego wina szczurom wykazano, że metabolitem antocyjanin jest również kwas protokatechowy (prekursor kwasu wanilinowego). Całkowita ilość oznaczanych w moczu metabolitów odpowiada według różnych badań od 0,004 do 1,8% przyjętej dawki związku wyjściowego. Przejście antocyjanin do moczu ma więc niski poziom, najwyższe wartości podawane są dla antocyjanin z ciemnych winogron i wina [2, 7, 9, 10, 14, 15, 19, 27, 29, 30].

Właściwości farmakologiczne

W medycynie ludowej surowce antocyjaninowe stosowane były w leczeniu infekcji dróg moczowych, przeziębienia,

gorączki, chorób wątroby, biegunki, kamicy nerkowej, zaburzeń krążenia krwi, chorób oczu. Wzrost zainteresowania w ostatnich latach działaniem leczniczym antocyjanin oraz przeprowadzone liczne badania *in vitro* jak i *in vivo*, potwierdzają ich następujące właściwości farmakologiczne:

- przeciwdrobnoustrojowe (*antisepticum*); przeciwbakteryjne głównie z leczeniu zakażeń układu moczowego tj. ZUM (*urodesinficientia*), przeciwwirusowe, przeciwgrzybicze;
- antyoksydacyjne (*antioxidantia*);
- przeciwzapalne (*antiphlogisticum*);
- wpływ na układ krążenia: działanie kardioprotekcyjne (*cardioprotectivum*), hipotensyjne (*hypotonicum, antihypertensivum*), wazoprotekcyjne (*vasoprotectivum*), wazorelaksacyjne (*vasorelaxantia*), przeciwwagregacyjne (*antithromboticum*);
- hipolipemiczne, przeciwmiażdżycowe (*antiscleroticum*);
- hipoglikemiczne;
- wpływ na proces apoptozy;
- przeciwnowotworowe (antyproliferacyjne), chemoprewencyjne;
- przeciwwrzdodowe;
- promienioochronne.

Dzięki tak licznym właściwościom farmakologicznym, preparaty bogate w antocyjaniny mogą stać się ważnym narzędziem w profilaktyce i leczeniu wielu chorób cywilizacyjnych [3, 9, 11, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 26, 34, 37].

Oprócz wymienionych wyżej właściwości farmakologicznych, cechujących antocyjaniny, niektóre surowce antocyjaninowe wykazują również inne działania (wymienione poniżej), wynikające ze współistniejących w nich, obok antocyjanin, innych związków chemicznych farmakologicznie czynnych (m. in.: kwasów organicznych, polifenoli roślinnych, terpenów, steroli, witamin, mikroelementów, pektyn, błonnika, garbników katechinowych, lektyn, cukrów) [9, 16, 17, 23, 25, 26, 35, 37]:

- Kwiat hibiskusa: działanie lekko przeczyszczające (*laxans*) i usprawniające metabolizm (*metabolicum*), wspomagające w przeziębieniach i nieżytach górnych dróg oddechowych (*immunostimulans, tonicum*), wzmacniające (*vitaminum*), pobudzające łaknienie, zmniejszające stany zapalne skóry i błon śluzowych (*dermaticum*), spazmolityczne na mięsień

- macy i pobudzająco na krwawienie miesięczne (*emmenagogum*), moczopędne (*diureticum*), żółciopędne (*cholagogum et cholereticum*), przeciwwrobacze (*antihelminthicum*), poprawiające smak i wygląd mieszanek (*corrigens*), orzeźwiająca.
- Owoc bzu czarnego: działanie lekko przeczyszczające (*laxans*) i usprawniające metabolizm (*metabolicum*), napotne i przeciwgorączkowe (*antipyreticum*), moczopędne (*diureticum*), zmniejszające stany zapalne żołądka i jelit (*stomachicum et digestivum*), żółciopędne (*cholagogum et cholereticum*), ochronne na wątrobę (*hepatoprotectivum*), słabe przeciwbólowe (*analgeticum*), wzmacniające (*vitaminum*).
 - Owoc borówki czernicy: działanie łagodnie przeciwzapalne w chorobach oczu i zaburzeniach wzroku spowodowanych retinopatią czy zmianami cukrzycowymi, przeciwbiegunkowe (*antidiarrhoicum*), przeciwwrobacze (*antihelminthicum*), łagodzące stany zapalne błon śluzowych jamy ustnej i gardła.
 - Owoc aronii czarnoowocowej: działanie wspomagające w przeziębieniach i nieżytach górnych dróg oddechowych (*immunostimulans, tonicum*), wzmacniające (*vitaminum*).
 - Wyciąg z pestek winogron: działanie poprawiające wygląd i regenerację skóry (*dermaticum*).
 - Owoc porzeczki czarnej: działanie wzmacniające (*vitaminum*), regulujące przemianę materii, zmniejszające stany zapalne żołądka i jelit (*stomachicum et digestivum*), przeciwgorączkowe (*antipyreticum*).
 - Kwiat chabru bławatka: działanie łagodnie przeciwzapalne w chorobach oczu, moczopędne (*diureticum*).

Podsumowanie

Owoce żurawiny, bogate w antocyjaniny i proantocyjanidyny, wykazują szereg cennych właściwości prozdrowotnych i mogą stać się ważnym narzędziem w profilaktyce i leczeniu wielu chorób cywilizacyjnych. Preparaty farmaceutyczne zawierające skoncentrowane ekstrakty z owoców żurawiny znajdują zastosowanie szczególnie jako środki profilaktyczne i wspomagające leczenie bakteryjnych infekcji układu moczowego. Jak dotąd nie stwier-

dzono żadnych niepożądanych działań antocyjanin na organizm człowieka. Powinno się zatem uwzględnić w codziennej diecie spożycie owoców i warzyw będących obfitym źródłem antocyjanin.

Bibliografia

- [1] Amarowicz R., *Analiza HPLC antocyjanidyn po hydrolizie proantocyjanidyn gryki i kaszy gryczanej*, „Bromatol Chem Toksykol” 2006, no. 39(2), s. 189-95.
- [2] Aura A.M., Martin-Lopez P., O’Leary K.A. et al., *In vitro metabolism of anthocyanins by human gut microflora*, „Eur J Nutr” 2005, no. 44, pp. 133-42.
- [3] Bazylko A., Kozłowska-Wojciechowska M., *Wpływ polifenoli z żurawiny na zdrowie człowieka*, „Czyn Ryz” 2007, no. 4, s. 59-63.
- [4] Burdulis D., Sarkinas A., Jasutiene I. et al., *Comparative study of anthocyanin composition, antimicrobial and antioxidant activity in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits*, „Acta Pol Pharm” 2009, no. 66(4), pp. 399-408.
- [5] Castellarin S.D., Gaspero G.D., Marconi R. et al., *Colour variation in red grapevines (*Vitis vinifera* L.): genomic organisation, ex-pression of flavonoid 3'-hydroxylase, flavonoid 3',5'-hydroxylase genes and related metabolite profiling of red cyanidin-/blue delphinidin-based anthocyanins in berry skin*, „BMC Genomics” 2006, no. 7(12), pp. 1-17.
- [6] Dangles O., Fenger J., *The Chemical Reactivity of Anthocyanins and Its Consequences in Food Science and Nutrition*, „Molecules” 2018, no. 23(8), pii: E1970.
- [7] Fang J., *Bioavailability of anthocyanins*, „Drug Metab Rev” 2014, no. 46(4), pp. 508-20.
- [8] Fang J., *Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects*, „Nutrition” 2015, no. 31(11-12), pp. 1301-6.
- [9] He J., Giusti M.M., *Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties*, „Annu Rev Food Sci Technol” 2010, no. 1, pp. 163-87.
- [10] Hribar U., Ulrich N.P., *The metabolism of anthocyanins*, „Curr Drug Metab” 2014, no. 15(1), pp. 3-13.
- [11] Hołderna-Kędzia E., *Charakterystyka botaniczna, skład chemiczny i właściwości biologiczne owoców żurawiny amerykańskiej (*Vaccinium macrocarpon* Aiton)*, „Post Fitoter” 2006, no. 7(1), pp. 41-6.
- [12] Howell A.B., Reed J.D., Krueger C.G. et al., *A-type cranberry proanthocyanidins and uropathogenic bacterial antiadhesion activity*, „Phytochem” 2005, no. 66, pp. 2281-91.
- [13] Internet: <http://www.food-info.net/pl/colour/anthocyanin.htm> (online: 26.03.2019).
- [14] Kay C.D., Mazza G.J., Holub B.J., *Anthocyanins exist in the circulation primarily as metabolites in adult men*, „J Nutr” 2005, no. 135, pp. 2582-88.

- [15] Kay C.D., Mazza G.J., Holub B.J. et al., *Anthocyanin metabolites in human urine and serum*, „British J Nutr” 2004, no. 91, pp. 933-42.
- [16] Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T. et al., *Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits*, „Food Nutr Res” 2017, no. 61(1), p. 1361779.
- [17] Kohlmunzer S., *Farmakognozja*, PZWL, Warszawa, 2000, rozdz. 14.2, s. 150-7, 193-8 i rozdz. 14.6, s. 239-41.
- [18] Lacombe A., Wu V.C., Tyler S. et al., *Antimicrobial action of the American cranberry constituents; phenolics, anthocyanins, and organic acids, against Escherichia coli O157:H7*, „Int J Food Microb” 2010, no. 139, pp. 102-7.
- [19] Lila M.A., Burton-Freeman B., Grace M. et al., *Unraveling Anthocyanin Bioavailability for Human Health*, „Annu Rev Food Sci Technol” 2016, no. 7, pp. 375-93.
- [20] Matławska I., *Farmakognozja*, Wydawnictwo Naukowe AM w Poznaniu, Poznań, 2006, s. 151-7.
- [21] Mazur B., Borowska E.J., *Produkty z owoców żurawiny błotnej – zawartość związków fenolowych i właściwości przeciwutleniające*, „Bromatol Chem Toksykol” 2007, no. 40(3), s. 239-43.
- [22] McGhie T.K., Walton M.C., *The bioavailability and absorption of anthocyanins: towards a better understanding*, „Mol Nutr Food Res” 2007, no. 51(6), pp. 702-13.
- [23] Morris J.B., Wang M.L., *Anthocyanin and Potential Therapeutic Traits in Clitoria, Desmodium, Corchorus, Catharanthus and Hibiscus Species*, „Acta Hort” 2007, no. 756, pp. 381-8.
- [24] Pappas E., Schaich K.M., *Phytochemicals of cranberries and cranberry products: characterization, potential health effects, and processing stability*, „Crit Rev Food Sci Nutr” 2009, no. 49, pp. 741-81.
- [25] de Pascual T.G., Sanchez-Ballesta M.T., *Anthocyanins: from plant to health*, „Phytochem Rev” 2008, no. 7, pp. 281-99.
- [26] Pavlikova I., Heinrich J., Bednar P. et al., *Constituents and antimicrobial properties of blue honey-suckle: a novel source for phenolic antioxidants*, „J Agro Food Chem” 2008, no. 56, pp. 11883-9.
- [27] Prior R.L., Wu X., *Anthocyanins: structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities*, „Free Radic Res” 2006, no. 40(10), pp. 1014-28.
- [28] Saluk-Juszczak J., *Antocyjany jako składnik żywności funkcjonalnej stosowanej w profilaktyce chorób układu krążenia*, „Post Hig Med Dośw” 2010, no. 64, s. 451-8.
- [29] Sandoval-Ramírez B.A., Catalán Ú., Fernández-Castillejo S. et al., *Anthocyanin Tissue Bioavailability in Animals: Possible Implications for Human Health, A Systematic Review*, „J Agric Food Chem” 2018, no. 66(44), pp. 11531-43.
- [30] Sikora J., *Oznaczanie antocyjanów metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej w płynach biologicznych*, „Probl Ter Monit” 2008, no. 19(3), s. 241-9.
- [31] Sikora J., Markowicz M., *Właściwości związków biologicznie aktywnych zawartych w owocach aronii czarnoowocowej (Aronia melanocarpa Elliot)*, „Farm Pol” 2008, no. 64(17), s. 780-5.
- [32] Sikora J., Markowicz M., Mikiciuk-Olasik E., *Rola i właściwości lecznicze aronii czarnoowocowej w profilaktyce chorób cywilizacyjnych*, „Bromatol Chem Toksykol” 2009, no. 42(1), s. 10-17.
- [33] Silva S., Costa E.M., Calhau C. et al., *Anthocyanin extraction from plant tissues: A review*, „Crit Rev Food Sci Nutr” 2017, no. 57(14), pp. 3072-83.
- [34] Smeriglio A., Barreca D., Bellocchio E. et al., *Chemistry, Pharmacology and Health Benefits of Anthocyanins*, „Phytother Res” 2016, no. 30(8), pp. 1265-86.
- [35] Tsuda T., *Dietary anthocyanin-rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies*, „Mol Nutr Food Res” 2012, no. 56(1), pp. 159-70.
- [36] Wallace T.C., Giusti M.M., *Anthocyanins*, „Adv Nutr” 2015, no. 6(5), pp. 620-2.
- [37] Yousuf B., Gul K., Wani A.A. et al., *Health Benefits of Anthocyanins and Their Encapsulation for Potential Use in Food Systems: A Review*, „Crit Rev Food Sci Nutr” 2016, no. 56(13), pp. 2223-30.

CHARACTERISTICS OF ANTHOCYANINS FROM CRANBERRY FRUITS. CHEMICAL, PHARMACOKINETIC AND PHARMACOLOGICAL PROPERTIES

Summary

The purpose of this review article is to describe anthocyanins as a group of plant origin compounds, traditionally used prophylactically and therapeutically in urinary tract diseases. Article contains the description of their structure and chemical properties, pharmacognostic raw materials abounding in anthocyanins and proanthocyanidins, pharmacokinetic properties (absorption, distribution, metabolism and excretion) and pharmacological activity of these compounds. Cranberry fruits, rich in anthocyanins and proanthocyanidins, have a beneficial effect on human health, especially as protection against bacterial urinary tract infections (UTIs).

Keywords: anthocyanins, proanthocyanidins, cranberry, treatment and prevention of UTI.

ISSN 2657-7402 (online)

