

# Potencjał przeciwutleniający oraz związki polifenolowe glikolowych ekstraktów z *Hippophaë rhamnoides* L. i *Vaccinium oxycoccos* L.

<sup>1</sup>Katedra Kosmetologii, Społeczna Akademia Nauk w Łodzi

Kierownik Katedry: prof. dr hab. n. med. Ryszard Glinka

<sup>2</sup>Instytut Biochemii Technicznej, Politechnika Łódzka

Dyrektor Instytutu: prof. dr hab. inż. Stanisław Bielecki

## ANTIOXIDANT CAPACITY AND PHENOLIC COMPOUNDS OF HIPPOPHAË RHAMNOIDES L. AND VACCINIUM OXYCOCCOS L. GLYCOLIC EXTRACTS

### SUMMARY

Sea buckthorn *Hippophaë rhamnoides* L. and European cranberry *Vaccinium oxycoccos* L. fruits are rich in compounds with antioxidant properties. They contain polyphenolic compounds which have a significant effect on the body and human skin.

The aim of the study was to compare antioxidant capacity of glycolic extracts of Sea buckthorn and European cranberry berries and determination of their phenolic profiles.

Antioxidant potential of *Hippophaë rhamnoides* L. and *Vaccinium oxycoccos* L. glycolic extracts was tested using ABTS and FRAP methods and was expressed as Trolox equivalent (TEAC). Moreover, total content of polyphenols and proanthocyanidins was determined by spectrophotometric methods and phenolic profiles were analysed with the use of HPLC method.

Glycolic extract of Sea buckthorn four and five times exceeded the extract of European cranberry in terms of free radical scavenging effectiveness and reduction potential, respectively. The total content of polyphenols in Sea buckthorn and cranberry is 60.85 and 21.39 mg/100 ml of extract, respectively. Flavonols dominated among the polyphenols of Sea buckthorn extract, while in cranberry extract proanthocyanidins constituted about 50% of polyphenols.

The results of this study demonstrate that Sea buckthorn fruit glycolic extract can be more valuable source of antioxidants

**KEYWORDS:** SEA-BUCKTHORN – EUROPEAN CRANBERRY – POLYPHENOLS – ANTIOXIDANT CAPACITY

### Wstęp

Wolne rodniki to atomy lub cząsteczki zawierające niesparowany elektron, powstające w przebiegu licznych procesów zachodzących w warunkach fizjologicznych oraz patologicznych, a także pod wpływem różnych czynników środowiskowych (1, 2). W sytuacji zachwiania równowagi między wytwarzaniem a neutralizacją wolnych rodników (stres oksydacyjny) dochodzi do utleniania białek, lipidów i kwasów nukleinowych, a w konsekwencji uszkodzenia komórek i tkanek (2, 3). Również

skóra, choć posiada naturalne mechanizmy obronne przed działaniem wolnych rodników, narażona jest na skutki stresu oksydacyjnego. Wykazano, iż wolne rodniki w istotny sposób przyczyniają się do przyspieszenia procesów starzenia się skóry (4). Procesom oksydacyjnym można przeciwdziałać poprzez stosowanie środków przeciwutleniających, wśród których istotne znaczenie mają związki polifenolowe. Ich naturalnym źródłem są ekstrakty roślinne (5). Liczne badania potwierdzają przeciwutleniające działanie rokitnika (6-8). Również szerokie spektrum działania prozdrowotnego, obejmujące właściwości przeciwutleniające wykazano dla owoców żurawiny błotnej (9-12).

Rokitnik zwyczajny (*Hippophaë rhamnoides* L.) występuje w przyrodzie jako silnie rozgałęziony krzew lub małe drzewko z rodziny oliwnikowatych (*Elaeagnaceae*) (7, 13). Jako surowiec zielarski wykorzystywane są żółte lub czerwone soczyste owoce rokitnika (*Hippophaës fructus*) (7). Z kolei żurawina błotna (*Vaccinium oxycoccos* L.) to wiecznie zielona krzewinka z rodziny wrzosowatych (*Ericaceae*). Surowiec zielarski stanowią czerwone, prawie przezroczyste, wyjątkowo trwałe owoce żurawiny (*Oxycocci fructus*) (14).

Wyjątkowy skład chemiczny owoców rokitnika i żurawiny błotnej daje możliwość otrzymywania szerokiego spektrum produktów farmaceutycznych, leczniczych i kosmetycznych (11, 15-17). Owoce rokitnika są źródłem ponad 190 składników biologicznie aktywnych (16), w tym związków o działaniu przeciwutleniającym, takich jak tokoferole, karotenoidy i polifenole (tab. 1).

W owocach rokitnika zidentyfikowano  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - $\delta$ -tokoferol oraz  $\alpha$ -,  $\gamma$ - i  $\delta$ -tokotrienol (21), a spośród karotenoidów:  $\alpha$ -,  $\beta$ - i  $\gamma$ -karoten, likopen, kryptoksantynę, luteinę oraz zeaksantynę (7, 15). Z grupy związków polifenolowych stwierdzono obecność flawonoli, flawanoli oraz kwasu chlorogenowego (22).

**Tab. 1.** Zawartość substancji przeciwutleniających w owocach rokitnika zwyczajnego

Antyoksydanty	Zawartość (mg/100 g owoców)	Źródło
Polifenole ogółem	115-244 270-480	(19) (20)
Flawonoidy	50-500 120-1000 354-854	(7) (13) (16)
Karotenoidy	16-28 3-15 1-14 6-24	(13) (18) (19) (20)
Witamina C (kwas askorbinowy)	28-310 360-2500 114-1550 695 65-110 53-131	(7) (15) (16) (18) (19) (20)
Witamina E (tokoferole i tokotrienole)	100-400 160 64-481 203	(18) (16) (15) (13)

Dominującym flawonolem była izoramnetyna (23), obok której występowały: rutyna, kwercetyna, mirycetyna i kemferol (18).

Istnieją liczne publikacje, w których zostały opisane biochemiczne i biologiczne właściwości żurawiny wielkoowocowej (*Vaccinium macrocarpon*), podczas gdy podobne badania w odniesieniu do żurawiny błotnej są raczej ograniczone i koncentrują się na zawartości flawonoidów, kwasów organicznych, cukrów i witamin (9, 24-27). Jednakże gatunki w obrębie rodzaju *Oxycoccus* odznaczają się podobnym składem substancji aktywnych oraz właściwościami biologicznymi (9, 25).

Właściwości przeciwutleniające owoców żurawiny błotnej wynikają z zawartości związków polifenolowych (w granicach 224,1-498,2 mg/100 g) (12), takich jak flawonole (57-298 mg/100 g) (26) i antocyjany (40,7-207,3 mg/100 g) (12), resweratrol (27) oraz przeciwutleniaczy, takich jak kwas askorbinowy (19,28 mg/100 g) (28) oraz karotenoidy (10). Dominującymi antocyjanami w owocach żurawiny błotnej są: 3-galaktozyd peonidyny, 3-arabinozyd cyjanidyny, 3-galaktozyd cyjanidyny i 3-arabinozyd peonidyny, stanowiące odpowiednio 30,0, 21,7, 19,8 i 17,4% puli barwników antocyjanowych (12). Właściwości lecznicze żurawina błotna zawdzięcza także obecności proantocyjanidyn – związków o silnym działaniu przeciwutleniającym (9).

Medyczne zastosowanie rokitnika zwyczajnego jest dobrze znane i udokumentowane. Rokitnik był soso-

wany w medycynie ludowej od wieków, a najnowsze badania potwierdzają i poszerzają możliwości tradycyjnego wykorzystania tej rośliny w leczeniu różnych chorób. Rokitnik zwyczajny jest składnikiem licznych produktów leczniczych, w tym wzmacniających system immunologiczny oraz wspomagających leczenie chorób układu pokarmowego, moczowo-płciowego, sercowo-naczyniowego, oczu i skóry (7, 16). Wielu autorów podkreśla także kosmetyczne znaczenie rokitnika (7, 13, 16, 29, 30). Jest on cenionym składnikiem preparatów kosmetycznych z uwagi na wysoki potencjał przeciwutleniający.

Khan i wsp. (29) badali wpływ emulsji W/O, zawierającej ekstrakt z owoców rokitnika zwyczajnego, na mechaniczne parametry skóry. Uzyskane wyniki wskazują, że stosowany zewnętrznie ekstrakt z rokitnika wpływa znacząco na poprawę elastyczności skóry twarzy. Badania potwierdzają, iż rokitnik zwyczajny jest skutecznym składnikiem kremów do twarzy przeciwdziałającym starzeniu się skóry (29). W kosmetyce ceniony jest także dobrze wchłaniający się, niepozostawiający uczucia tłustości olej otrzymany z owoców rokitnika, który wykazuje działanie odnawiające, odżywcze, przeciwzmarszczkowe i ochraniające przed promieniowaniem UV. Jest on naturalnym składnikiem przeznaczonym do pielęgnacji skóry dojrzałej, suchej i wrażliwej, a także naczyniowej i z trądzikiem różowatym (15, 16, 30).

Żurawina błotna, od dawna znana i wykorzystywana w medycynie jako roślina wspomagająca leczenie wielu schorzeń, obecnie doceniana jest także jako surowiec kosmetyczny. Owoce żurawiny zawierają duże ilości związków bioaktywnych, witamin i soli mineralnych, mających korzystny wpływ na zdrowie oraz kondycję skóry (tab. 2). Żurawina polecana jest do pielęgnacji cery suchej, dojrzałej, wymagającej odnowy, z przebarwieniami, a także zanieczyszczonej i trądzikowej (31). Na rynku dostępnych jest wiele preparatów farmaceutycznych zawierających ekstrakt lub zagęszczony sok z żurawiny, które mogą stanowić pomocną terapię uzupełniającą w wielu chorobach.

Ekstrakty z rokitnika zwyczajnego i żurawiny błotnej, mimo ich stosowania przez przemysł farmaceutyczny i kosmetyczny, wymagają dalszych badań potwierdzających właściwości lecznicze i kosmetyczne, a także działanie przeciwutleniające.

### Cel pracy

W pracy podjęto badania mające na celu porównanie właściwości przeciwutleniających ekstraktów glikolowych z rokitnika zwyczajnego i żurawiny błotnej oraz określenie ich składu polifenolowego.

**Tab. 2.** Główne związki bioaktywne występujące w owocach żurawiny i ich właściwości

Związki bioaktywne	Działanie	Źródło
Flawonole (kwercetyna, mirycetyna, kemferol)	wzmacniają system odpornościowy organizmu, wykazują silną aktywność przeciwutleniającą, zapobiegają procesom starzenia, hamują utlenianie lipoprotein LDL	(10) (11) (11) (24)
Antocyjany (glikozydy cyjanidyny i peonidyny)	chronią przed działaniem wolnych rodników, wykazują działanie przeciwzapalne, przeciwwrzodowe	(9) (12)
Proantocyjanidyny	zapobiegają chorobom związanym z działaniem wolnych rodników (choroby serca, nowotwory), utrudniają adhezję bakterii do nabłonka dróg moczowych ( <i>E. coli</i> ) i błon śluzowych żołądka ( <i>H. pylori</i> )	(11, 12) (24)
Resweratrol	działanie przeciwutleniające i przeciwzapalne, działanie kardioochronne i antyproliferacyjne, promieniochronne, stymulujące lipolizę	(10) (27)
Kwas askorbinowy	reguluje mechanizmy przeciwutleniające, wykazuje działanie przeciwnowotworowe, wspomaga odporność organizmu, zwiększa przyswajanie żelaza, zwiększa syntezę kolagenu	(28, 31)
Witaminy (A, B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , PP, E) Biopierwiastki (Mn, Cu, Ca, K, Zn)	wykazują działanie przeciwutleniające, zwiększają odporność immunologiczną, zapobiegają utracie wilgoci, hamują procesy starzenia, wygładzają i napinają skórę, wykazują działanie przeciwbakteryjne, oczyszczające	(31)

## Materiał i metody

W badaniach wykorzystano ekstrakty glikolowe z owoców rokitnika zwyczajnego (*Hippophaë rhamnoides* L.) oraz żurawiny błotnej (*Vaccinium oxycoccos* L.) firmy Naturex (Katowice).

Potencjał przeciwutleniający badanych ekstraktów oznaczono jako skuteczność zmiatania syntetycznych, stabilnych kationorodników ABTS<sup>•+</sup> (32) oraz zdolność redukcji żelaza(III) metodą FRAP (Ferric-Reducing Antioxidant Power) (33). Potencjał przeciwutleniający ekstraktów wyrażono jako TEAC (ang. *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*). Wartość TEAC odnosi badany potencjał przeciwutleniający do aktywności Troloxu – rozpuszczalnego w wodzie analogu witaminy E.

Zakres badań obejmował również oznaczenie w ekstraktach glikolowych składu puli polifenolowej metodą HPLC (34), a także oznaczenie metodami spektrofotometrycznymi całkowitej zawartości polifenoli z odczynnikiem Folin-Ciocalteu (35) oraz zawartości proantocyjanidyn po ich uprzedniej depolimeryzacji i utlenieniu do barwnych antocyjanidyn w środowisku zakwaszonego kwasem solnym butanolu (22).

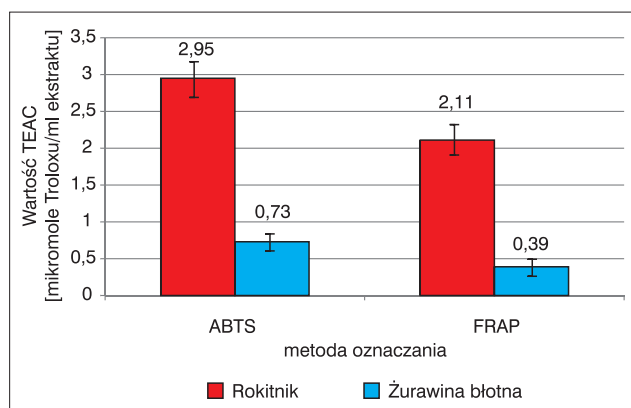
Analizę związków polifenolowych metodą HPLC wykonano przy użyciu chromatografu cieczowego firmy Waters (Miliford, USA) wyposażonego w detektor PDA-996 (Photodiode Array Detector, 298), autosampler (2707), pompy gradientowe (1525) oraz oprogra-

owanie Waters Breeze 2. W badaniach stosowano kolumnę Symmetry C18 (5 µm) o wymiarach 250 x 4,6 mm. Fazę ruchomą stanowił układ rozpuszczalników: 2% kwas octowy w wodzie (v/v) oraz 0,5% kwas octowy w 50% (v/v) roztworze wodnym acetonitrylu. Szybkość przepływu fazy ruchomej wynosiła 1 ml/min. Analiza obejmowała również wykreślenie widm absorpcji pików w zakresie długości fal od 200 do 600 nm. Detekcję związków polifenolowych prowadzono przy trzech długościach fali, a mianowicie: 280, 320 i 360 nm. Zawartość kwasów hydroksybenzoesowych (280 nm) przeliczano na kwas galusowy, kwasów hydroksycynamonowych (320 nm) na kwas chlorogenowy, a flawonoli (360 nm) na kwercetynę.

## Wyniki i ich omówienie

Potencjał antyoksydacyjny ekstraktów glikolowych z owoców rokitnika i żurawiny błotnej odnoszono do efektywności zmiatania stabilnych, syntetycznych kationorodników ABTS<sup>•+</sup> wytwarzanych w układzie 2,2'-azynobis-(3-etylobenzotiazolino-6-kwas sulfonowy)/nadsiarzan potasu, a także do zdolności redukcji jonów żelaza(III) występującego w kompleksie z tripirydylotriazyną. Metoda ABTS została po raz pierwszy zastosowana w 1993 roku do badania próbek biologicznych, a następnie znalazła szerokie zastosowanie w badaniu żywności (36). Wytworzone kationorodniki ABTS<sup>•+</sup> mają barwę niebieskozieloną, która

w obecności przeciwutleniaczy ulega odbarwieniu. Stopień redukcji kationorodników ABTS<sup>•+</sup> określa się spektrofotometrycznie, najczęściej przy długości fali 734 nm (37). Metoda FRAP po raz pierwszy została zastosowana do oznaczania aktywności przeciwutleniającej osocza, a następnie przystosowana do oznaczania aktywności przeciwutleniającej surowców roślinnych (37). Zasada działania tej metody polega na pomiarze redukcji kompleksu żelazowo-2,4,6-tripirydylo-*S*-triazyny (TPTZ-Fe) pod wpływem działania przeciwutleniaczy. Redukcja jonów Fe<sup>3+</sup> do Fe<sup>2+</sup> powoduje wytworzenie intensywnego, niebieskiego zabarwienia o maksimum absorbancji przy 593 nm. Wartości TEAC uzyskane dla badanych ekstraktów glikolowych przedstawiono na rycinie 1.



**Ryc. 1.** Potencjał przeciwutleniający ekstraktów glikolowych otrzymanych z owoców rokitnika zwyczajnego i żurawiny błotnej

Ekstrakt glikolowy z rokitnika zwyczajnego przewyższał cztero-, pięciokrotnie ekstrakt z żurawiny błotnej, odpowiednio pod względem efektywności zmiatania wolnych rodników, jak i potencjału redukcyjnego. Według danych literaturowych, efektywność zmiatania rodników ABTS<sup>•+</sup> przez składniki owoców rokitnika i żurawiny jest zbliżona (19, 28). Wartości TEAC dla owoców rokitnika wynosiły od 20 do 25 µmoli Troloxu/g (19), zaś dla żurawiny błotnej kształtowały się w zakresie 22-23 µmoli Troloxu/g (28). Inne badania wykazały zdolność alkoholowego i wodno-acetonowego ekstraktu z rokitnika zwyczajnego do zmiatania anionorodnika ponadtlenkowego i rodnika DPPH<sup>•</sup> (38) oraz tlenu azotu, anionorodnika ponadtlenkowego i rodnika hydroksylowego przez metanolowy ekstrakt tej rośliny (39).

Zaobserwowane różnice w potencjale przeciwutleniającym badanych ekstraktów glikolowych są prawdopodobnie związane ze składem jakościowym i ilościowym związków polifenolowych. Wyniki badań

przedstawione w tabeli 3 wskazują, że ogólna zawartość polifenoli w ekstrakcie glikolowym pozyskanym z owoców rokitnika zwyczajnego była prawie 3 razy wyższa niż w ekstrakcie z owoców żurawiny błotnej, co znalazło odzwierciedlenie w wyższych wartościach TEAC. Potwierdzają to wyniki badań Velioglu i wsp. (5), które wskazują, iż aktywność przeciwutleniająca owoców zależna jest przede wszystkim od zawartości polifenoli. W alkoholowym ekstrakcie z rokitnika zwyczajnego, który badali Papuc i wsp. (6), całkowita zawartość polifenoli wynosiła 24,84 ± 0,06 mg/100 ml (w przeliczeniu na kwas taninowy). Badany w niniejszej pracy ekstrakt zawierał ponad 2 razy więcej polifenoli. Należy zaznaczyć, iż porównywanie ogólnej zawartości polifenoli w przeliczeniu na różne wzorce jest obciążone pewnym błędem.

Z przeprowadzonych w niniejszej pracy badań wynika, że w puli polifenoli ekstraktu rokitnikowego dominowały flawonole (tab. 3). Wyniki te uzyskują potwierdzenie w badaniach Teleszki i wsp. (20). Autorzy wskazują, iż główną grupą polifenoli obecnych w owocach rokitnika zwyczajnego są związki z grupy flawonoli, tj. glikozydy izoramnetyny, kwercetyny i kemferolu. Flawonole są związkami zdolnymi do absorpcji promieniowania UV oraz wykazującymi właściwości przeciwutleniające (40, 41).

Zawartość proantocyjanidyn była porównywalna w obu badanych ekstraktach glikolowych, ale proantocyjanidyny stanowiły około 50% polifenoli obecnych w ekstrakcie żurawinowym i tylko 13% puli polifenoli zawartych w ekstrakcie rokitnikowym (tab. 3). Foo i wsp. (42) wyizolowali z ekstraktu owoców żurawiny proantocyjanidynę A<sub>2</sub> i B<sub>2</sub> oraz trimery proantocyjanidyn. Proantocyjanidyny zawarte w owocach żurawiny

**Tab. 3.** Ogólna zawartość polifenoli (mg/100 ml ekstraktu) oraz wybranych grup związków polifenolowych w ekstraktach glikolowych z rokitnika zwyczajnego i żurawiny błotnej

Parametr	Ekstrakt glikolowy z rokitnika zwyczajnego	Ekstrakt glikolowy z żurawiny błotnej
Polifenole ogółem <sup>1</sup>	60,85 ± 1,38	21,39 ± 0,49
Proantocyjanidyny <sup>1</sup>	8,08 ± 0,59	10,08 ± 0,48
Kwasy hydroksybenzoesowe <sup>2</sup>	3,91 ± 0,38	14,11 ± 0,22
Kwasy hydroksycynamonowe <sup>2</sup>	0,32 ± 0,04	0,38 ± 0,06
Flawonole <sup>2</sup>	17,00 ± 0,42	0,54 ± 0,01

<sup>1</sup>oznaczone metodą spektrofotometryczną; <sup>2</sup>oznaczone metodą HPLC

są główną grupą związków odpowiedzialnych za jej charakterystyczny smak oraz właściwości zapobiegające i lecznicze (11, 12). Są to składniki, które zapobiegają zakażeniom układu moczowego, a także, jak inne przeciwutleniacze, chronią przed chorobami związanymi z uszkodzeniami powodowanymi przez wolne rodniki (11).

Analiza związków polifenolowych metodą HPLC wykazała niższe zawartości kwasów hydroksybenzoesowych w ekstrakcie z rokitnika. Również Zadernowski i wsp. (43) w swoich badaniach wykryli niewielkie ilości kwasu *p*-hydroksybenzoesowego w owocach tylko trzech spośród sześciu wybranych odmian rokitnika zwyczajnego. Glikolowy ekstrakt z owoców żurawiny błotnej okazał się 3,6 razy zasobniejszy w kwasy hydroksybenzoesowe. Ich zawartość ma szczególne znaczenie, gdyż jako naturalne środki konserwujące odpowiadają za utrzymanie owoców oraz produktów z nich pozyskiwanych w dobrej jakości (44). Z kolei kwas hydroksybenzoesowy hamuje rozwój bakterii i grzybów (45), dzięki czemu może być on stosowany jako składnik utrwalający produkty kosmetyczne. Z przeprowadzonych badań wynika, że zawartość kwasów hydroksycynamonowych była porównywalna w obu badanych ekstraktach glikolowych.

W badaniach nad przeciwdrobnoustrojowym działaniem soków owocowych Stobnicka i wsp. (46) wykazali, że sok z żurawiny odznaczał się silniejszym działaniem bakteriostatycznym i bakteriobójczym wobec wszystkich badanych szczepów w porównaniu z sokiem z rokitnika. Česonienė i wsp. (12) podają, iż ekstrakt z żurawiny błotnej wyraźnie hamuje rozwój bakterii Gram-ujemnych (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*), jak i Gram-dodatnich (*Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*). Powyższe badania wskazują, że żurawina błotna może być szerzej wykorzystywana w medycynie i kosmetyce, jako środek przeciwbakteryjny.

Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że zainteresowanie składem chemicznym owoców rokitnika zwyczajnego oraz żurawiny błotnej wzrasta, co związane jest ze świadomością pozytywnego wpływu tych surowców na zdrowie, a szczególnie na skórę człowieka. Potrzebne są jednak dalsze badania potwierdzające możliwość wykorzystania ekstraktów z rokitnika i żurawiny błotnej do stosowania zewnętrznego w postaci różnych form kosmetyków przeznaczonych do pielęgnacji skóry.

## Wnioski

1. Ekstrakty glikolowe otrzymane z owoców rokitnika zwyczajnego i żurawiny błotnej charakteryzowały się odmiennym profilem polifenolowym, przy czym

w ekstrakcie z rokitnika dominowały flawonole, zaś w ekstrakcie z żurawiny błotnej proantocyjanidyny i kwasy hydroksybenzoesowe.

2. Glikolowy ekstrakt z owoców rokitnika, ze względu na wyższą zawartość polifenoli i wyższy potencjał przeciwutleniający może stanowić cenniejszy składnik preparatów kosmetycznych w porównaniu z ekstraktem z żurawiny błotnej.
3. Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy wskazują, że ekstrakty z owoców *Hippophaë rhamnoides* i *Vaccinium oxycoccos* mogą być wykorzystywane w kosmetyce jako surowce o właściwościach przeciwutleniających.

## Piśmiennictwo

1. Kalisz O, Wolski T, Gerkowicz M i wsp. Reaktywne formy tlenu (RFT) oraz ich rola w patogenezie niektórych chorób. *Ann UMCS Sec DD* 2007; 62(1):87-99.
2. Łuszczewski A, Matyska-Piekarska E, Trefler J. Reaktywne formy tlenu – znaczenie w fizjologii i stanach patologii organizmu. *Reumatologia* 2007; 45(5):284-9.
3. Aruoma OI. Free radicals, oxidative stress, and antioxidants in human health and disease. *J Am Oil Chem Soc* 1998; 75(2):199-212.
4. Wölflle U, Bauer G, Meinke MC. Reactive molecule species and antioxidative mechanisms in normal skin and skin aging. *Skin Pharmacol Physiol* 2014; 27(6):316-32.
5. Velioglu YS, Mazza G, Gao L. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *J Agric Food Chem* 1998; 46:4113-7.
6. Papuc C, Diaconescu C, Nicorescu V i wsp. Antioxidant activity of polyphenols from Sea buckthorn fruits (*Hippophaë rhamnoides*). *Rev Chim* 2008; 59(4):392-4.
7. Patel CA, Divakar K, Santani D i wsp. Remedial prospective of *Hippophaë rhamnoides* Linn. (Sea Buckthorn). *ISRN Pharmacol* 2012; 1-6.
8. Guliyev VB, Gul M, Yildirim A. *Hippophaë rhamnoides* L.: chromatographic methods to determine chemical composition, use in traditional medicine and pharmacological effects. *J Chromatogr B Anal Technol Biomed Life Sci* 2004; 812(1-2):291-307.
9. Česonienė L, Daubaras R, Jasutienė I i wsp. Evaluation of the biochemical components and chromatic properties of the juice of *Vaccinium macrocarpon* Aiton and *Vaccinium oxycoccos* L. *Plant Foods Hum Nutr* 2011; 66(3):238-44.
10. Mazur B, Borowska EJ. Produkty z owoców żurawiny błotnej – zawartość związków fenolowych i właściwości przeciwutleniające. *Bromat Chem Toksykol* 2007; 3:239-43.
11. Stobnicka A, Gniewosz M. Możliwości wykorzystania żurawiny (*Oxycoccus*) we współczesnej medycynie. *Post Fitoter* 2010; 3:170-5.
12. Česonienė L, Jasutienė I, Sarkinas A. Phenolics and anthocyanins in berries of European cranberry and their antimicrobial activity. *Medicina (Kaunas)* 2009; 45(12):992-9.
13. Bawa AS, Khanum F, Singh B. Sea buckthorn a wonder plant. *Nat Prod Rad* 2002; 1(4):8-14.
14. Česonienė L, Daubaras R, Paulauskas A i wsp. Morphological and genetic diversity of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L., *Ericaceae*) clones in Lithuanian reserves. *Acta Soc Bot Pol* 2013; 82(3):211-7.
15. Beveridge T, Li TSC, Oomah BD i wsp. Sea buckthorn products: manufacture and composition. *J Agric Food Chem* 1999; 47(9):3480-8.
16. Bal LM, Meda V, Naik SN i wsp. Sea buckthorn berries: A potential source of valuable nutrients for nutraceuticals and cosmeceuticals. *Food Res Int* 2011; 44:1718-27.
17. Rodowski D. Żurawina – nowe spojrzenie na właściwości lecznicze. *Post Fitoter* 2001; 2-3:28-31.
18. Christaki E. *Hippophaë rhamnoides* L. (Sea Buckthorn): a potential source of nutraceuticals. *Food Public Health* 2012; 2(3):69-72.
19. Gao X, Ohlander M, Jeppsson N i wsp. Changes in antioxidant effects and their

relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) during maturation. *J Agric Food Chem* 2000; 48(5):1485-90. **20.** Teleszko M, Wojdyło A, Rudzińska M i wsp. Analysis of lipophilic and hydrophilic bioactive compounds content in Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *J Agric Food Chem* 2015; 63(16):4120-9. **21.** Kallio H, Yang BR, Peippo P i wsp. Triacylglycerols, glycerophospholipids, tocopherols, and tocotrienols in berries and seeds of two subspecies (ssp *sinnensis* and *mongolica*) of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*). *J Agric Food Chem* 2002; 50:3004-9. **22.** Rösch D, Bergmann M, Knorr D i wsp. Structure-antioxidant efficiency relationships of phenolic compounds and their contribution to the antioxidant activity of sea buckthorn juice. *J Agric Food Chem* 2003; 51:4233-9. **23.** Pengfei L, Tiansheng D, Xianglin H i wsp. Antioxidant properties of isolated isorhamnetin from the sea buckthorn marc. *Plant Foods Hum Nutr* 2009; 64(2):141-5. **24.** Witkowska-Banaszczak E, Studzińska-Sroka E, Bylka W. Comparison of the contents of selected phenolic compounds in the fruit of *Vaccinium macrocarpon* Ait. and *Vaccinium oxycoccos* L. *Herba Pol* 2010; 56(2):38-46. **25.** Bylka W, Witkowska-Banaszczak E. Zawartość flawonoidów w owocach żurawiny błotnej i wielkoowocowej. *Herba Pol* 2007; 53(2):122-3. **26.** Adamczak A, Buchwald W, Kozłowski J. Variation in the content of flavonols and main organic acids in the fruit of European cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) growing in peatlands of North-Western Poland. *Herba Pol* 2011; 57(4):5-15. **27.** Frączek M, Szumiło J, Podlowska J i wsp. Resveratrol – fitofenol o wielokierunkowym działaniu. *Pol Mer Lek* 2012; 32(188):143-6. **28.** Mazur B, Borowska EJ, Polak M. Zawartość witaminy C i pojemność przeciwutleniająca owoców i przecierów z żurawiny błotnej i wielkoowocowej. *Zywn-Nauk Technol* 2009; 2(63):130-7. **29.** Khan BA, Akhtar N, Braga VA. Anti-aging effects of *Hippophaë rhamnoides* emulsion on human skin. *Trop J Pharm Res* 2012; 11(6):955-62. **30.** Noculak-Palczewska A, Rykowski P. Rokitnik zwyczajny *Hippophaë rhamnoides* L. i jego zastosowanie w kosmetyce. *Pol J Cosmetol* 2003; 1:35-43. **31.** Legan A. Żurawina – indiańska księżniczka jesieni. *Med Estet Anti-Aging* 2009; 4:28-32. **32.** Re R, Pellegrini N, Proteggente A.

Antioxidant activity applying in improved ABTS radical cation-decolorization assay. *Free Rad Biol Med* 1999; 26:1231-7. **33.** Benzie JFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as measurement of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem* 1996; 239:70-6. **34.** Schieber A, Stintzing FC, Carle R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends Food Sci Tech* 2001; 12:401-13. **35.** Bordonaba JG, Terry LA. Biochemical profiling and chemometric analysis of seventeen UK-grown black currant cultivars. *J Agric Food Chem* 2008; 56:7422-30. **36.** Roginsky V, Lissi EA. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chem* 2005; 92:235-54. **37.** Wilczyńska A. Metody oznaczania aktywności antyoksydacyjnej miodów pszczelich. *Bromat Chem Toksykol* 2009; 3:870-4. **38.** Papuc C, Diaconescu C, Nicorescu V. Antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) extracts compared with common food additives. *Rom Biotechnol Lett* 2008; 13(6):4049-53. **39.** Rop O, Eecisli S, Mlcek J. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) cultivars. *Turk J Agric For* 2014; 38:224-32. **40.** Pereira DM, Valentão P, Pereira JA i wsp. Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules* 2009; 14(6):2202-11. **41.** Nichols JA, Katiyar SK. Skin photoprotection by natural polyphenols: anti-inflammatory, antioxidant and DNA repair mechanisms. *Arch Dermatol Res* 2010; 302(2):71-83. **42.** Foo LY, Lu Y, Howell AB. A-Type proanthocyanidin trimers from cranberry that inhibit adherence of uropathogenic P-fimbriated *Escherichia coli*. *J Nat Prod* 2000; 63(9):1225-8. **43.** Zadzernowski R, Nacz M, Czaplicki S i wsp. Composition of phenolic acids in Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *J Am Oil Chem Soc* 2005; 82(3):175-9. **44.** Clague JA, Fellers CR. Relation of benzoic acid content and other constituents of cranberries to keeping quality. *Plant Physiol* 1994; 9(3):631-6. **45.** Puupponen-Pimiä R, Nohynek L, Alakomi HL i wsp. Bioactive berry compounds – novel tools against human pathogens. *Appl Microbiol Biotechnol* 2005; 67:8-18. **46.** Stobnicka A, Gniewosz M, Miętuszevska A. Przeciwbakteryjne działanie soków owocowych z żurawiny, rokitnika, noni i goji. *Bromat Chem Toksykol* 2011; 44(3):650-5.

#### Konflikt interesów

#### Conflict of interest

Brak konfliktu interesów  
None

otrzymano/received: 8.10.2015

zaakceptowano/accepted: 16.11.2015

Adres/address:

\*dr inż. Anna Podśedek

Instytut Biochemii Technicznej, Politechnika Łódzka

ul. B. Stefanowskiego 4/10, 90-924 Łódź

tel. +48 426-313-435

e-mail: anna.podsedek@p.lodz.pl