

BARBARA KOŁODZIEJ, KATARZYNA DROŹDŻAL

WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE KWIATÓW I OWOCÓW BZU CZARNEGO POZYSKIWANEGO ZE STANU NATURALNEGO

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących właściwości przeciwutleniających ekstraktów wodnych z kwiatów oraz owoców bzu czarnego zbieranego z 17 miejsc naturalnego występowania w Polsce oraz oceniono wpływ zawartości polifenoli ogółem na właściwości przeciwutleniające badanych surowców. Stwierdzono, że kwiaty bzu czarnego zawierały więcej związków polifenolowych niż owoce pochodzące z tych samych miejsc naturalnego występowania, a ich zawartość w istotny sposób zależała od miejsca pozyskania surowca ze stanu naturalnego. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością związków polifenolowych a aktywnością antyoksydacyjną surowca bzu czarnego. Zastosowane metody badawcze (FRAP, DPPH) potwierdziły wysoką aktywność antyoksydacyjną surowca bzu czarnego, przy czym była ona największa w przypadku kwiatu

Słowa kluczowe: bez czarny, kwiaty, owoce, właściwości przeciwutleniające, FRAP, DPPH

Wprowadzenie

Wolne rodniki są reaktywnymi cząstkami, które odgrywają kluczową rolę w patogenezie chorób cywilizacyjnych. Ich obecność wywołuje stres oksydacyjny, który jest przyczyną przeciążenia i nieskuteczności naturalnych systemów obronnych organizmu. Wiedza na temat szkodliwości wolnych rodników skłania do poszukiwania substancji wspomagających naturalną obronę antyoksydacyjną. Szczególną uwagę zwracają wtórne metabolity pozyskiwane z roślin o uznanym działaniu dietetycznym lub leczniczym [7].

Produkty pochodzenia roślinnego dostarczają unikalnych składników, niezbędnych podczas wielu reakcji metabolicznych zachodzących w organizmie człowieka. Wiele spośród nich wykazuje właściwości przeciwutleniające, polegające na zdolności neutralizowania reaktywnych form tlenu (RFT) [24]. RFT są to cząsteczki chemiczne zawierające atomy tlenu z niesparowanym elektronem. Powstają jako naturalny pro-

Prof. dr hab. B. Kołodziej, mgr inż. K. Drożdżal, Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych, Wydz. Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

dukt metaboliczny, jeśli jednak ich liczba drastycznie wzrośnie, powodują niszczenie struktur komórkowych i stają się przyczyną wielu chorób. Organizm człowieka ma system ochronny przed wolnymi rodnikami, który stanowią antyoksydanty endogenne, jednak ważną rolę w zmniejszaniu uszkodzeń oksydacyjnych pełnią antyoksydanty żywieniowe, do których należą między innymi związki fenolowe, witaminy C i E oraz karotenoidy [10, 17]. Naturalne przeciwutleniacze zawarte w owocach, warzywach oraz ziołach odgrywają istotną rolę w profilaktyce i leczeniu wielu chorób, w tym chorób cywilizacyjnych [1, 10, 11, 21]. Jedną z ważnych roślin dostarczających zarówno surowca zielarskiego, jak i używanego w przemyśle spożywczym, jest bez czarny (*Sambucus nigra* L.). Kwiaty bzu (*Sambuci flos*) zawierające głównie flawonoidy (wśród nich kemferol, kwercetynę, izokwercetynę, rutozyd), kwasy (m.in. kawowy, chlorogenowy) oraz olejek eteryczny (zawierający ok. 58 składników) stosowane są jako środek napotny, przeciwgorączkowy, moczopędny i uszczelniający naczynia krwionośne [14]. Natomiast owoce (*Sambuci fructus*) zawierają obok flawonoidów znaczne ilości antocyjanów i witamin, dlatego też działają podobnie jak kwiaty oraz odtruwająco, przeciwwirusowo oraz wzmacniająco [23, 25]. Obydwa rodzaje surowca poza znaczeniem leczniczym wykorzystywane są na coraz większą skalę w przemyśle spożywczym, m.in.: USA, Danii, Włoszech, Austrii, Niemczech, Anglii [15, 18]. Owoce zawierają od 0,2 do 1 % antocyjanów (głównie cyjanidyno-3-O-glikozyd, cyjanidyno-3-O-5-O-diglikozyd, cyjanidyno-3-O-sambubiozyd i sambucynę) oraz ok. 0,01 % olejku eterycznego (w skład którego wchodzi ok. 53 związków), dzięki czemu używane są jako naturalny barwnik oraz do aromatyzowania produktów spożywczych (m.in. win i soków owocowych, dżemów, marmolad) [13, 18, 23]. W niedojrzałych owocach występuje sambunigrina – glikozyd cyjanogeny, który może być czynnikiem limitującym przemysłowe wykorzystanie surowca. Jednak badania duńskie wskazują, że przeprowadzanie zbiorów owoców 14 dni po osiągnięciu fazy 10 % dojrzałości baldachów, a podczas przerobu poddawanie surowca działaniu wysokiej temperatury całkowicie zabezpiecza konsumenta przed jego szkodliwym działaniem [15, 23]. Owoce bzu używane są również w przetwórstwie do wyrobu soków, dżemów, powideł, marmolad, galaretek, deserów, cukierków, syropów i win [16, 23]. Sok z owoców charakteryzuje się, obok znacznej ilości barwników, ok. 10 % zawartością cukru oraz kwasowością poniżej 1 %; zwykle przed spożyciem jest dosładzany sacharozą i rozcieńczany wodą w stosunku 1 : 4. Owoce i kwiaty bzu wykorzystywane są także do produkcji herbatek ziołowych m.in. ‘Zimowej’, ‘Leśnej’, ‘Herbaty z owoców leśnych’, ‘Złocistej’, ‘Lubelskiej z dzikiej róży’, ‘Jagodowej’ i innych [14, 23]. Z kolei destylaty z kwiatów bzu czarnego używane są jako czynniki aromatyzujące napoje, wina gazowane, jogurty, lody zaś ekstrakty mogą być spożywane w postaci napojów bezalkoholowych o przyjemnym zapachu i słodkim, miodowo-owocowym smaku lub służą do produkcji lodów, jogurtów, win, herbat, cukierków i ciast [6, 13, 15].

Surowiec wykorzystywany w przemyśle spożywczym i ziołolecznictwie w Polsce pozyskiwany jest głównie z krzewów dziko rosnących; w ostatnim czasie zaczęły powstawać pierwsze plantacje bzu czarnego [23].

Celem niniejszych badań było określenie właściwości przeciwutleniających ekstraktów wodnych z kwiatów oraz owoców bzu czarnego zbieranego z 17 miejsc naturalnego występowania oraz analiza wpływu zawartości związków polifenolowych ogółem na właściwości przeciwutleniające badanych surowców.

Material i metody badań

Przedmiotem badań były kwiaty i owoce bzu czarnego (*Sambucus nigra* L.) zebrane w okresie od czerwca do sierpnia 2010 r. z 17 miejsc naturalnego występowania na terenie Polski (tab. 1), które w dalszej części pracy oznaczono odpowiednimi numerami.

Tabela 1

Lokalizacja stanowisk pozyskiwania surowca bzu czarnego ze stanu naturalnego.
Location of wild sites where black elder raw material was harvested.

Lp.	Stanowisko / Stand	Lokalizacja / Location	Województwo / Province
1	Ławy	50°12'18"N 20°38'49"E	świętokrzyskie / the Świętokrzyskie Province
2	Pacanów	50°24'19"N 21°03'06"E	świętokrzyskie / the Świętokrzyskie Province
3	Bekiesza	51°17'44"N 23°12'05"E	lubelskie / the Lublin Province
4	Syczyn	51°16'36"N 23°14'34"E	lubelskie / the Lublin Province
5	Żyrzyn	51°30'24"N 22°04'28"E	lubelskie / the Lublin Province
6	Świdnik	51°13'42"N 22°39'56"E	lubelskie / the Lublin Province
7	Lublin	51°15'02"N 22°30'59"E	lubelskie / the Lublin Province
8	Goraj	50°43'14"N 22°40'09"E	lubelskie / the Lublin Province
9	Sanok	49°33'18"N 22°12'21"E	podkarpackie / the Podkarpacie Province
10	Orłów Murowany	50°55'00"N 3°15'00"E	lubelskie / the Lublin Province
11	Sztabin	53°40'53"N 23°05'52"E	podlaskie / the Podlasie Province
12	Szczytno	53°33'56"N 20°59'07"E	warmińsko-mazurskie/ the Mazovia Province
13	Białopole	50°58'59"N 23°44'04"E	Lubelskie / the Lublin Province
14	Gułów	51°44'27"N 22°13'32"E	Lubelskie / the Lublin Province
15	Szczecin	53°26'01"N 14°33'44"E	Zachodniopomorskie / the West Pomerania Province
16	Stabieńszczyzna	54°07'60"N 23°16'60"E	Podlaskie / the Podlasie Province
17	Przeclaw	50°11'35"N 21°28'42"E	Podkarpackie / the Podkarpacie Province

Za nadające się do analiz uznano kwiaty zebrane w pełni kwitnienia oraz dojrzałe, zdrowe owoce o odpowiednim kształcie i zabarwieniu. Po zbiorze materiał suszono w temp. 45 °C, następnie mielony przy użyciu młynka IKA M20 (Labart) i poddawano analizom. Zakres badań obejmował oznaczenie zawartości związków fenolowych oraz ocenę właściwości przeciwutleniających w teście z rodnikiem DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylhydrazyl) i w teście oceny siły redukującej FRAP (Ferric-Reducing Antioxidant Power). Odczynniki pochodziły z POCH Gliwice: metanol cz.d.a., odczynnik Folina i Ciocalteu cz.d.a., kwas solny cz.d.a., kwas octowy lodowaty cz.d.a., węglan sodu cz.d.a., chlorek żelaza(III) cz.d.a., octan sodu cz.d.a., siarczan żelaza(II) oraz TPTZ – kompleks żelazowo-2,4,6-tripirydylo-S-triazyny (Fluka), DPPH–2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl (Sigma Aldrich) oraz kwas kawowy (Sigma Aldrich).

Zmielone kwiaty i owoce poddawano wodnej ekstrakcji przy użyciu ekstraktora mikrofalowego MARS 5 firmy Varian. Próbkę o masie ok. 0,1 g poddawano ekstrakcji przy użyciu 30 ml wody w temp. 100 °C w ciągu 10 min, przy mocy urządzenia 800 W. Wodne ekstrakty sączone i odpowiednie ich ilości pobierano do dalszych oznaczeń.

Sumę polifenoli określano metodą z odczynnikami Folina-Ciocalteu'a [11, 20, 22]. W tym celu do 1 ml ekstraktu wodnego dodawano 2 ml odczynnika Folina-Ciocalteu'a, po 3 min alkalizowano środowisko reakcji, dodając 10 ml 10 % roztworu węglanu sodu, a po 30 min roztwory uzupełniano do objętości 25 ml i mierzono ich absorbancję przy długości fali $\lambda = 765$ nm, używając spektrofotometru U-2900 Hitachi. Wyniki podano jako średnią z trzech powtórzeń, w mg związków fenolowych na gram surowca w przeliczeniu na kwas kawowy.

Zdolność przeciwutleniającą, rozumianą jako zdolność redukowania jonów żelaza (FRAP), określano według metody opisanej przez Benzie i Strain [2, 3]. Do 0,2 ml ekstraktu dodawano 3,8 ml reagenta FRAP uzupełniano wodą destylowaną do 25 ml i mierzono absorbancję roztworu przy długości fali $\lambda = 593$ nm. Otrzymane wartości absorbancji przeliczano na podstawie krzywej wzorcowej jako ilość mmoli jonów Fe^{+2} na 100 g surowca. Krzywą kalibracyjną sporządzono z następujących stężeń siarczanu(VI) żelaza(II): 10, 15, 20, 40, 50 $\mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ($y = 0,0205x$, $r = 0,998$). Odczynnik FRAP sporządzono mieszając ze sobą w stosunku 10 : 1 : 1 10 $\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$ TPTZ, 20 mmol/dm^3 FeCl_3 oraz bufor octowy o pH 3,6.

Aktywność antyoksydacyjną metodą DPPH wykonywano metodą opisaną przez Brand-Wiliams [4, 5]. Do 0,1 ml ekstraktu wodnego dodawano 3,9 ml metanolowego roztworu rodnika DPPH o stężeniu $6\cdot 10^{-5}$ $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$, spadek absorbancji monitorowano przy długości fali $\lambda = 515$ nm (maksimum absorpcji rodnika DPPH \cdot) przez 12 min w odstępie czasowym 60 s aż do osiągnięcia stanu równowagi reakcji. W programie UV Solutions wykreślono krzywą kinetyki reakcji, na podstawie której wyznaczano parametr $T_{\text{EC}50}$ tj. czas potrzebny na zmniejszenie wartości początkowego stężenia rodnika DPPH \cdot o 50 %.

Zawartość pozostałego (niezredukowanego) rodnika DPPH^{*} obliczano z równania [4]:

$$DPPHrem\% = \frac{[DPPH]_{rem}}{[DPPH]_{T_0}} \cdot 100$$

gdzie: $DPPH_{rem}\%$ – procentowa zawartość pozostałego niezredukowanego rodnika,
 $[DPPH]_{T_0}$ – wyjściowa wartość absorbancji roztworu rodnika,
 $[DPPH]_{rem}$ – wartość absorbancji po dodaniu przeciwutleniacza.

Wszystkie dane dotyczące badanych parametrów zostały poddane statystycznej analizie wariancji (ANOVA). Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi weryfikowano, stosując test Tukey'a, $n = 3$.

Wyniki i dyskusja

Zawartość związków fenolowych ogółem w analizowanych ekstraktach bzu czarnego przedstawiono w tab. 2. Stwierdzono, że niezależnie od pochodzenia surowca, największa zawartość tych związków biologicznie czynnych znajdowała się w kwiatostanach bzu (od 37,02 ze stanowiska 16. do 53,33 $mg \cdot g^{-1}$ s.m. ze stanowiska numer 11). Mniejszą ilość polifenoli zawierały natomiast owoce bzu czarnego (od 26,84 ze stanowiska 16. do 44,8 $mg \cdot g^{-1}$ s. m. ze stanowiska 10.). Średnie wartości wynosiły odpowiednio w kwiatach i owocach: 44,27 i 34,49 $mg \cdot g^{-1}$ suchej masy surowca, co wskazuje, że kwiat i owoc bzu czarnego są surowcami bogatymi w związki polifenolowe. Analiza wariancji, w układzie jednoczynnikowym, wykazała istnienie statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami średnimi zawartości polifenoli w poszczególnych próbach bzu czarnego zebranego z kilkunastu miejsc naturalnego występowania na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Przy czym nie można jednoznacznie wskazać stanowisk naturalnego występowania krzewów bzu czarnego, charakteryzujących się jednocześnie dużą zawartością substancji czynnych zarówno w kwiatach, jak i owocach (wyliczony współczynnik korelacji pomiędzy zawartością polifenoli w kwiatach i owocach bzu był niski i wyniósł $r = 0,23$). Istotnie większą zawartością fenoli w kwiatach cechowały się próbki ze stanowisk nr 4, 11 i 12 (leżące na terenie woj. lubelskiego, podlaskiego i warmińsko-mazurskiego), zaś owoce zebrane ze stanowisk nr 3, 10, i 12 (woj. lubelskie i warmińsko-mazurskie) zawierały istotnie więcej tych substancji czynnych. Podobnie dużą zawartość związków polifenolowych w owocach bzu otrzymała także Jabłońska-Ryś i wsp. [12] oraz Leja i wsp. [19]. Najmniej związków polifenolowych zawierał surowiec zebrany ze stanowisk nr 2 i 16, leżących na terenie woj. świętokrzyskiego i podlaskiego.

Tabela 2

Zawartość polifenoli ogółem [$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m.] oraz właściwości przeciwutleniające kwiatów i owoców bzu czarnego wyrażone jako DPPH [% niezredukowanego rodnika] i FRAP [$\text{mM Fe}^{+2}\cdot 100\text{g}^{-1}$] w zależności od miejsca pozyskiwania surowca.

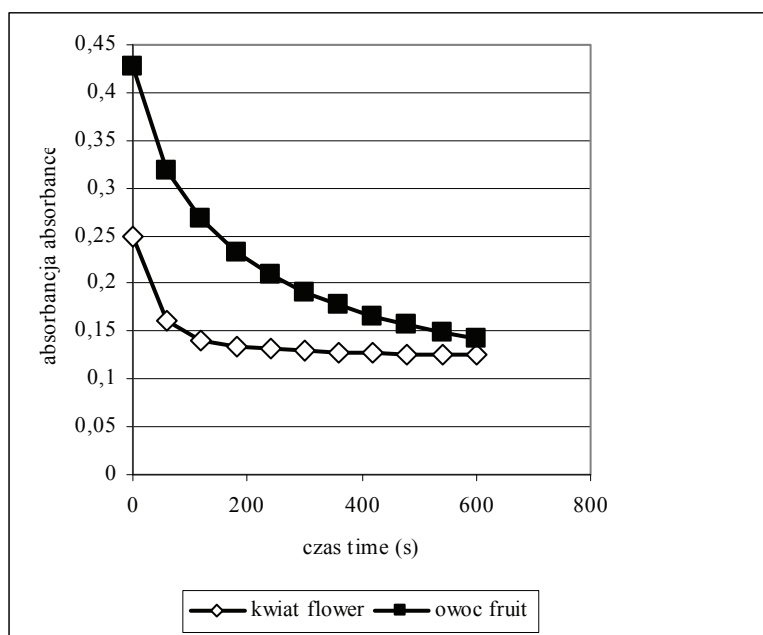
Total polyphenol content [$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ d.m.] and antioxidant properties of black elder flowers and berries (DPPH [% of non-reduced radical], FRAP [$\text{mM Fe}^{+2}\cdot 100\text{g}^{-1}$]) depending on the wild site where the raw material was harvested.

Stano-wisko Stand	Kwiat / Flower				Owoc / Berry			
	Polifenole ogółem Total polyphenols	FRAP	DPPH	T _{EC50} [s]	Polifenole ogółem Total polyphenols	FRAP	DPPH	T _{EC50} [s]
1	44,73 ± 0,68	39,58 ± 1,08	61,8 ± 0,99	75	36,81 ± 0,29	25,53 ± 0,34	87,5 ± 1,04	123
2	44,48 ± 1,35	33,16 ± 0,64	64,3 ± 0,07	58	27,86 ± 0,11	26,32 ± 0,04	91,9 ± 0,96	105
3	46,45 ± 0,36	39,01 ± 1,04	49,5 ± 1,03	29	38,8 ± 0,21	33,4 ± 0,16	86,4 ± 0,44	128
4	51,77 ± 1,94	39,00 ± 0,18	56,5 ± 0,98	30	35,93 ± 0,49	34,2 ± 0,51	90,1 ± 0,08	91
5	48,76 ± 1,91	42,21 ± 1,14	58 ± 0,96	25	27,98 ± 0,76	21,44 ± 0,91	91,9 ± 0,07	99
6	49,23 ± 0,22	42,28 ± 0,08	56,5 ± 0,01	64	37,54 ± 0,46	35,87 ± 0,17	84,9 ± 0,99	128
7	47,33 ± 0,72	42,58 ± 0,50	57,7 ± 0,20	28	30,63 ± 0,07	26,24 ± 0,05	95,9 ± 0,09	112
8	48,00 ± 1,09	38,91 ± 0,43	44 ± 0,99	29	34,87 ± 0,43	33,04 ± 0,93	84 ± 0,56	99
9	46,65 ± 0,13	42,32±0,63	62,7±1,88	44	35,78±0,28	29,06±0,74	91,7±0,31	102
10	41,1 ± 1,46	34,01±1,65	66,8±0,20	47	44,80±1,48	36,73±0,05	83,4±0,43	114
11	53,33 ± 0,28	54,11 ± 0,66	56,9 ± 0,40	36	35,73 ± 0,56	33,57 ± 0,08	85,7 ± 1,98	109
12	50,29 ± 0,21	34,45 ± 0,75	67,1 ± 0,31	67	40,37 ± 0,59	31,87 ± 0,09	85,2 ± 1,45	126
13	45,89 ± 0,34	32,48 ± 0,08	62,9 ± 0,96	52	31,1 ± 0,08	22,59 ± 0,59	93,9 ± 0,91	130
14	45,27 ± 0,41	37,23 ± 0,16	59,3 ± 0,10	39	32,78 ± 0,27	23,58 ± 0,25	90,8 ± 0,05	118
15	47,049 ± 1,25	41,26 ± 0,33	48,4 ± 1,13	23	33,92 ± 0,20	23,69 ± 0,16	92,5 ± 0,98	133
16	37,02 ± 0,54	29,23 ± 0,56	66,8 ± 0,06	71	26,84 ± 1,35	23,24 ± 0,38	89,3 ± 0,08	123
17	47,34 ± 1,08	41,06 ± 1,06	51,9 ± 0,97	26	34,71 ± 1,08	30,48 ± 0,26	87,8 ± 0,81	128
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	3,092	2,374	24,29	–	2,029	1,363	4,42	–

Zróźnicowanie zawartości związków odpowiedzialnych za właściwości przeciwutleniające zostało potwierdzone w zróźnicowanych wynikach testów przeciwutleniających (tab. 2). Stąd też najwyższą aktywność wśród przebadanych surowców wykazały, zarówno w testach DPPH, jak i FRAP kwiaty bzu czarnego. Dodatkowo siła redukująca FRAP wykazała silną korelację z zawartością polifenoli w badanych surowcach bzu czarnego ($r = 0,84$), natomiast w przypadku procentowej zawartości niezredukowanego rodnika DPPH i związków polifenolowych stwierdzono korelację ujemną ($r = -0,84$). Wartość FRAP mieściła się w granicach 54,11 - 29,23 $\text{mmol Fe}^{+2}\cdot 100\text{g}^{-1}$ s.m. oraz 36,73 - 21,44 $\text{mmol Fe}^{+2}\cdot 100\text{g}^{-1}$ s.m., a wartości średnie wynosiły 38,99 i 27,30 mmol

$\text{Fe}^{+2} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ s.m. odpowiednio w kwiatach i owocach. Podobne wartości FRAP w owocach otrzymała Jabłońska-Ryś i wsp. [12].

Z pomiarów aktywności antyoksydacyjnej metodą DPPH wynika, że próby materiału roślinnego, w których % niezredukowanego rodnika DPPH[•] był mniejszy, charakteryzowały się większą zdolnością wychwytywania wolnych rodników [10]. Rezultaty eksperymentu wskazują, że % niezredukowanego rodnika DPPH[•] był mniejszy w kwiatach bzu (zawierał się w granicach 44 - 66,8 %) a w owocach był znacznie większy (wahał się pomiędzy 83,4 - 95,9 %). Podobną aktywność antyrodnikową w owocach bzu wykazali Leja i wsp. [19]. A zatem zastosowana metoda badawcza potwierdziła wcześniej opisaną w przypadku FRAP zależność, że kwiaty charakteryzują się większą mocą antyoksydacyjną niż owoce bzu. Dużą zdolność wygaszania wolnych rodników przez związki czynne kwiatów bzu wykazali również Dawidowicz i wsp. [8], a Emmons i wsp. [9] wykazali dodatnią korelację pomiędzy poziomem polifenoli a aktywnością antyoksydacyjną. W doświadczeniu stwierdzono silną korelację pomiędzy % niezredukowanego rodnika DPPH[•] a siłą redukującą FRAP badanych prób materiału roślinnego ($r = -0,73$). Na rys. 1. przedstawiono przykładowe wyniki badań kinetyki procesu wygaszania rodnika DPPH[•] w próbce kwiatów bzu o małej zawartości niezredukowanego rodnika i owocowo dużej zawartości niezredukowanego rodnika



Rys. 1. Kinetyka zmian absorbancji roztworów rodnika DPPH[•] w kwiatach oraz owocach bzu czarnego.
Fig. 1. Kinetics of the changes in the absorbance of DPPH[•] solutions in black elder flowers and berries.

w ciągu 12 min ustalania się stanu równowagi reakcji. Stwierdzono, że czas ustalania się równowagi reakcji w kwiatach jest mniejszy niż w owocach, podobnie jak parametr T_{EC50} , co również wskazuje na większą moc antyoksydacyjną kwiaków bzu czarnego niż owoców. W doświadczeniu zakładano wysoką korelację mierzonych wartości właściwości antyoksydacyjnych pomiędzy próbkami kwiaków i owoców pobieranych do badań z tych samych miejsc naturalnego występowania, jednak stwierdzono ją tylko w części analizowanych prób materiału roślinnego. Wynikało to prawdopodobnie ze zmienności genotypowej, a także zróżnicowanych warunków glebowo-klimatycznych i specyfiki miejsc naturalnego występowania surowca.

Wnioski

1. Kwiaty bzu czarnego zawierały więcej związków polifenolowych niż owoce pochodzące z tych samych miejsc naturalnego występowania, a ich zawartość w istotny sposób zależała od miejsca pozyskania surowca ze stanu naturalnego.
2. Potwierdzono (metodami FRAP i DPPH) wysoką aktywność antyoksydacyjną surowca bzu czarnego, przy czym była ona największa w przypadku kwiaków.
3. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością związków fenolowych a aktywnością antyoksydacyjną surowca bzu czarnego.

Literatura

- [1] Aruoma O.I.: Free radicals, antioxidants and international nutrition. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 1999, **8**, 53-63.
- [2] Benzie I. F.F., Strain I.J.: The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 1996, **239**, 70-76.
- [3] Benzie I. F.F., Szeto Y.T.: Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant Power assay. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 633-636.
- [4] Bondet V., Brand-Williams W., Berset C.: Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *LWT*, 1997, **30**, 609-615.
- [5] Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C.: Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT*, 1995, **1 (28)**, 25-30.
- [6] Christensen L., Kaack K., Frette X. Selection of elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes best situated for the preparation of elderflower extracts rich in flavonoids and phenolic acids. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **227**, 293-305.
- [7] Cybul M., Nowak R.: Przegląd metod stosowanych w analizie właściwości antyoksydacyjnych wyciągów roślinnych. *Herba Polonica*, 2008, **1 (54)**, 67-78.
- [8] Dawidowicz A., Wianowska D., Baraniak B.: The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts). *LWT*, 2006, **39**, 308-315.
- [9] Emmons C.L., Peterson D.M., Paul G.L.: Antioxidant capacity of oats (*Avena sativa* L.) extracts. 2. *In vitro* antioxidant activity and content of phenolic and total antioxidant. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47 (12)**, 4894-4898.
- [10] Grajek W. (pod red.): *Przeciwutleniacze w żywności*. WNT, Warszawa 2007.

- [11] Grajek W.: Rola przeciwutleniaczy w zmniejszeniu ryzyka wystąpienia nowotworów i chorób układu krążenia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **1 (38)**, 3-11.
- [12] Jabłońska-Ryś E., Zalewska-Korona M., Kalbarczyk J.: Antioxidant capacity, ascorbic acid and phenolics content in wild edible fruits. *J Fruit Ornament Plant Res.*, 2009, **17(2)**, 115-120.
- [13] Kaack K.: Aroma composition and sensory quality of fruit juices processed from cultivars of elderberry (*Sambucus nigra* L.). *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **227**, 45-56.
- [14] Kaack K., Christensen L.: Effect of packing materials and storage time on volatile compounds in tea processed from flowers of black elder (*Sambucus nigra* L.). *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **227**, 1259-1273.
- [15] Kaack K., Christensen L., Hughes M., Eder R.: Relationship between sensory quality and volatile compounds of elderflower (*Sambucus nigra* L.) extracts. *Eur. Food Res. Technol.*, 2006, **223**, 57-70.
- [16] Kaack K., Frette X., Christensen L.: Selection of elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes best situated for the preparation of juice. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **226**, 843-855.
- [17] Kisała J.: Antyutleniacze pochodzenia roślinnego i syntetycznego – ich rola i właściwości. *Zesz. Nauk. Płd.-Wsch. Oddz. PTIE z siedzibą w Rzeszowie, PTG Oddz. w Rzeszowie*, 2009, **11**, 109-114.
- [18] Lee J., Finn Ch. Antocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, **87**, 2665-2675.
- [19] Leja M., Mareczek A., Nanaszko B.: Antyoksydacyjne właściwości owoców wybranych gatunków dziko rosnących drzew i krzewów. *Rocz. AR w Poznaniu*, 2007, **383**, 327-331.
- [20] Singelton V.L, Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Amer. J. Enol. Viticult.*, 1965, **1 (16)**, 44-58.
- [21] Temple N.J.: Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition Research*, 2000, **20**, 449-459.
- [22] Turkmen N., Sari F., Veliglu Sedat Y.: Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu. *Food Chem.*, 2006, **99**, 835-841.
- [23] Wierzbicki A.: Dziki bez czarny – pozyskiwanie surowca i jego zastosowanie. *Wiad. Ziel.* 2002, **4**, 8-10.
- [24] Witkowska A., Zujko M.E.: Aktywność antyoksydacyjna owoców leśnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009, **3 (42)**, 900-903.
- [25] Wójcik J.: Nowe wskazania lecznicze *Sambucus nigra* L. *Wiad. Ziel.* 2002, **4**, 11-12.

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF BLACK ELDER FLOWERS AND BERRIES HARVESTED FROM THE WILD

S u m m a r y

In the paper, there were presented the results of the research into antioxidant properties of aqueous extracts of black elder flowers and berries harvested in 17 wild sites in Poland, and the effect of total polyphenol content on antioxidant properties of the raw material studied. It was found that the black elder flowers contained a higher amount of polyphenols than the berries harvested in the same wild sites of their occurrence, and its content significantly depended on the wild site where they were harvested. The results proved a positive correlation between the content of polyphenolic compounds and the antioxidant activity of the black elder raw material. The research methods applied (FRAP, DPPH) confirmed the high antioxidant activity of black elder raw material; however, this activity was the highest in the case of the black elder flowers.

Key words: black elder, flowers, berries, antioxidant properties, FRAP, DPPH 