

IWONA ŚCIBISZ, MARTA MITEK, JOANNA MALEWSKA

AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA OWOCÓW BORÓWKI WYSOKIEJ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

Streszczenie

Celem pracy było określenie pojemności przeciwutleniającej oraz zawartości polifenoli, antocyjanów i kwasu askorbinowego w owocach czterech odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) uprawianych w Polsce. Ponadto zbadano, jak zmienia się zawartość tych składników w owocach o różnej wielkości, tj. zebranych podczas różnych terminów zbioru.

Stwierdzono, że owoce borówki wysokiej odznaczają się wysoką aktywnością przeciwutleniającą, w zakresie od 17,6 (odmiana Lateblue) do 61,8 (odmiana Earlyblue) $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców. Zaobserwowano, że owoce mniejsze zawierały więcej polifenoli oraz antocyjanów i jednocześnie odznaczały się wyższą aktywnością przeciwutleniającą. Kolejność zbioru znacznie wpływała na wielkość owoców. Borówki z danej rośliny w kolejnych zbiorach były coraz mniejsze. Jedynym wyjątkiem była odmiana Bluecrop, której owoce z trzeciego zbioru były większe od zebranych podczas pierwszego zbioru.

Słowa kluczowe: borówka wysoka, aktywność przeciwutleniająca, polifenole, antocyjany, kwas askorbinowy.

Wstęp

Rola wolnych rodników w procesach chorobowych i starzeniu się organizmu jest dobrze udokumentowana [11]. Naturalne mechanizmy obronne organizmu wspomagane są przez związki przeciwutleniające zawarte w żywności. Bogatym źródłem tych substancji są owoce, warzywa, herbaty, wina, przyprawy i rośliny lecznicze. Przeprowadzone w ostatnich latach badania pozwoliły na wstępne scharakteryzowanie surowców owocowych i warzywnych pod względem ich właściwości przeciwutleniających. Wśród przebadanych gatunków owoców i warzyw największą pojemnością przeciwutleniającą wyróżniały się owoce borówki czernicy [5].

Borówka wysoka (*Vaccinium corymbosum* L.) jest jedną z najmłodszych roślin sadowniczych w Polsce. Potocznie nazywana jest jagodą niebieską lub borówką amerykańską. Należy do rodziny wrzosowatych, podobnie jak najbardziej znana w Polsce borówka czernica. Jest ona rośliną uprawną, co umożliwia wyhodowanie lub zwiększenie produkcji odmian uprawianych, charakteryzujących się wysoką zawartością związków o charakterze prozdrowotnym.

Badania ostatnich lat przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Finlandii dowiodły, że odmiany borówki wysokiej różnią się między sobą pojemnością przeciwutleniającą, co wynika głównie z odmiennego składu ich frakcji antocyjanowej [8]. Wykazano również duży wpływ czynników środowiskowych i agrotechnicznych na poziom aktywności przeciwutleniającej owoców [1].

W Stanach Zjednoczonych, gdzie borówkę wysoką uprawia się na znacznie większą skalę, często pierwszy i drugi zbiór przeprowadza się ręcznie, a jagody sprzedaje się jako owoc świeży. Natomiast ostatni zbiór, gdy owoce są znacznie mniejsze i przez to mniej atrakcyjne dla konsumenta, wykonuje się mechanicznie i owoce przeznaczają się do przetwórstwa [13].

W Polsce nie przeprowadzono, jak dotychczas, badań nad właściwościami przeciwutleniającymi uprawianych odmian borówki wysokiej. Nie zajmowano się również badaniem wpływu terminu zbioru, a tym samym średnicy owoców na aktywność przeciwutleniającą.

Celem pracy było określenie pojemności przeciwutleniającej owoców czterech odmian borówki wysokiej oraz wpływu wielkości jagód zbieranych w różnych terminach na tę aktywność.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły owoce czterech odmian borówki wysokiej pochodzące z pola doświadczalnego borówek uprawnych Katedry Sadownictwa i PPO SGGW w Błoniu k. Prażmowa. Badane odmiany to: Earlyblue (odmiana wczesna), Bluecrop, Jersey (odmiany o średniej porze dojrzewania) i Lateblue (odmiana późna). Z każdej odmiany pobierano owoce z dwóch zbiorów tj. z pierwszego i trzeciego.

Zbiorów dokonywano w terminach:

- Earlyblue – 14.07.2001 (zbiór I), 09.08.2001 (zbiór III),
- Bluecrop – 01.08.2001 (zbiór I), 27.08.2001 (zbiór III),
- Jersey – 16.08.2001 (zbiór I), 11.09.2001 (zbiór III),
- Lateblue – 16.09.2001 (zbiór I), 12.10.2001 (zbiór III).

Oznaczanie pojemności przeciwutleniającej prowadzono metodą Millera i Rice-Evans [9]. Metoda ta polega na porównaniu hamowania procesu utleniania methmioglobiny przez przeciwutleniacze znajdujące się w badanym materiale. Methmioglobina reagując z nadtlenkiem wodoru tworzy ferryloxioglobinę, która następnie reaguje z

ABTS (2,2'-azynobis-3-ethylbenzotiazolino-6-sulfonianem, Sigma), tworząc relatywnie stabilny związek ABTS^{•+}, charakteryzujący się niebieskozieloną barwą. Do oznaczenia polifenoli ogółem zastosowano metodę z odczynnikiem Folin-Ciocalteu`a [12]. Czynnikiem ekstrahującym był 75% roztwór acetonu. Wyniki podano w przeliczeniu na kwas taninowy. Zawartość antocyjanów oznaczano metodą Fuleki i Francis [4], która polega na określeniu różnicy w absorbancji roztworów o pH 1,0 (forma oksoniowa) i pH 4,5 (forma pseudozasadowa) przy długości fali 520 nm. Zawartość kwasu askorbinowego określano metodą ksylenową [14].

Wyniki i dyskusja

Średnica owoców

Największe owoce miała odmiana Bluecrop. Średnia wielkość owoców tej odmiany z pierwszego zbioru wynosiła 18,4 mm, natomiast borówki ze zbioru trzeciego były nieco większe, ich średnica wynosiła 19,1 mm. Najmniejszą wielkością charakteryzowały się owoce wczesnej odmiany Earlyblue. Średnica owoców zbieranych podczas pierwszego zbioru wynosiła 16,6 mm, natomiast borówki zebrane podczas zbioru trzeciego były znacznie mniejsze, ich średnica wynosiła 14,0 mm (tab. 1).

Kolejność zbioru znacząco wpływała na wielkość owoców. Borówki w kolejnych zbiorach były coraz mniejsze. Jedynym wyjątkiem była odmiana Bluecrop, której owoce z trzeciego zbioru były większe od zebranych podczas pierwszego zbioru.

Pojemność przeciwutleniająca

Owoce borówki wysokiej charakteryzowały się wysoką pojemnością przeciwutleniającą zawierającą się w zakresie od 17,6 (odmiana Lateblue) do 61,8 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców (odmiana Earlyblue).

Aktywność przeciwutleniająca borówek odmiany Earlyblue pochodzących z pierwszego zbioru wynosiła 26,9 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców. Owoce pochodzące z trzeciego zbioru odznaczały się ponad dwukrotnie wyższą aktywnością przeciwutleniającą, wynoszącą 61,8 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ (tab. 1). Są to znacznie wyższe wartości od uzyskanych przez Ehlenfeldta i Priora [3], którzy podają, że aktywność przeciwutleniająca borówki odmiany Earlyblue wynosi 19,7 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców.

Pojemność przeciwutleniająca owoców odmiany Bluecrop z pierwszego zbioru była dość wysoka i wynosiła 40,3 $\mu\text{mola Troloxu/g}$, w borówkach z trzeciego zbioru wartość ta była niższa i wynosiła 33,2 $\mu\text{mola Troloxu/g}$. Niższe wartości aktywności przeciwutleniającej owoców odmiany Bluecrop wynoszące od 10,4 do 17,0 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ uzyskali Ehlenfeldt i Prior [3], Connor i wsp. [2] oraz Prior i wsp. [15]. Natomiast Connor i wsp. [1] w swojej pracy podają, że pojemność przeciwutleniająca

owoców borówki wysokiej odmiany Bluecrop w zależności od okresu wegetacji i miejsca uprawy kształtuje się w zakresie wartości od 13,6 do 35,3 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców. Wyjątkowo wysoką aktywność przeciwutleniającą borówek odmiany Bluecrop wynoszącą 50 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ stwierdził Moyer i wsp. [10].

Tabela 1

Wybrane cechy fizykochemiczne owoców borówki wysokiej odmian: Earlyblue, Bluecrop, Jersey i Lateblue.

Selected physical and chemical characteristics of the blueberry fruit (Earlyblue, Bluecrop, Jersey, and Lateblue cultivars).

Odmiana borówki wysokiej Blueberry Cultivar		Średnica owoców Fruit size (diameter) [mm]	Aktywność przeciwutleniająca [$\mu\text{mol Troloxu/g}$] Antioxidant activity [$\mu\text{mol of Trolox eq/g}$]	Zawartość polifenoli ogółem Total content of polyphenols [mg%]	Zawartość antocyjanów ogółem Total content of anthocyanins [mg%]	Zawartość kwasu askorbinowego Ascorbic acid content [mg%]
		x \pm SD	x \pm SD	x \pm SD	x \pm SD	x \pm SD
Earlyblue	Zbiór I Crop I	16,6 \pm 1,4	26,9 \pm 6,0	457,6 \pm 13,0	132,0 \pm 16,4	1,4 \pm 0,1
	Zbiór III Crop III	12,1 \pm 2,6	61,8 \pm 4,0	497,4 \pm 2,0	227,2 \pm 2,6	2,2 \pm 0,1
Bluecrop	Zbiór I Crop I	18,4 \pm 1,3	40,3 \pm 3,6	341,1 \pm 24,3	79,4 \pm 10,4	1,4 \pm 0,1
	Zbiór III Crop III	19,1 \pm 1,6	33,2 \pm 4,6	227,7 \pm 8,7	64,1 \pm 16,8	1,6 \pm 0,1
Jersey	Zbiór I Crop I	15,0 \pm 1,0	26,3 \pm 0,4	369,2 \pm 3,2	171,4 \pm 3,4	2,0 \pm 0,1
	Zbiór III Crop III	13,7 \pm 1,5	33,8 \pm 1,1	390,2 \pm 2,0	227,0 \pm 4,8	3,2 \pm 0,3
Lateblue	Zbiór I Crop I	16,9 \pm 1,1	17,6 \pm 0,5	383,0 \pm 1,8	171,2 \pm 3,3	2,2 \pm 0,1
	Zbiór III Crop III	14,0 \pm 1,3	21,2 \pm 0,2	415,0 \pm 1,8	213,4 \pm 7,8	2,9 \pm 0,1

x – wartość średnia / mean value; SD – odchylenie standardowe / standard deviation

Pojemność przeciwutleniająca owoców odmiany Jersey z pierwszego zbioru wynosiła 26,3 $\mu\text{mola Troloxu/g}$, a w zbiorze trzecim wartość ta była większa i wynosiła 33,8 $\mu\text{mola Troloxu/g}$. Wartości te są wyższe od uzyskanych przez Connor i wsp. [2] (7,8 $\mu\text{mola Troloxu/g}$), Ehlenfeldta i Priora [3] (19,3 $\mu\text{mola Troloxu/g}$) oraz Priora i wsp. [15], którzy podają, że w zależności od miejsca uprawy aktywność przeciwutle-

nijająca owoców odmiany Jersey kształtuje się w zakresie od 18,1 do 21,4 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców. Również z badań Connor i wsp. [1] wynika, że w zależności od miejsca i roku zbiorów, owoce odmiany Jersey wykazują pojemność przeciwutleniającą na poziomie 16,7 do 29,3 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców.

Aktywność przeciwutleniająca owoców odmiany Lateblue z pierwszego zbioru wynosiła 17,6 $\mu\text{mola Troloxu/g}$ owoców, borówki ze zbioru trzeciego wykazywały wyższą aktywność antyoksydacyjną wynoszącą 21,2 $\mu\text{mola Troloxu/g}$. Ehlenfeldt i Prior [3] podają niższe wartości aktywności w przypadku odmiany Lateblue tj. 15,8 $\mu\text{mola Troloxu/g}$.

Zawartość polifenoli ogółem

Zawartość polifenoli ogółem w owocach odmiany Earlyblue z pierwszego zbioru wynosiła w przeliczeniu na kwas taninowy 457,6 mg%, a w owocach ze zbioru trzeciego 497,4 mg% (tab. 1).

Zawartość polifenoli w owocach odmiany Bluecrop z pierwszego zbioru wynosiła 341,1 mg%, natomiast owoce ze zbioru trzeciego zawierały mniej polifenoli ogółem, tj. 227,7 mg%. Moyer i wsp. [10] oznaczyli 304 mg% polifenoli w owocach odmiany Bluecrop, a Kalt i wsp. [7] podają poziom 386,2 mg kw. gallusowego/100 g. Z badań prowadzonych przez Connor i wsp. [1] wynika, że zawartość polifenoli ogółem w owocach odmiany Bluecrop waha się w granicach od 295 do 461 mg kw. gallusowego/100g w zależności od roku i miejsca uprawy.

Ogólna zawartość polifenoli, w przeliczeniu na kwas taninowy, w owocach odmiany Jersey z pierwszego zbioru wynosiła 369,2 mg%, a w owocach z trzeciego zbioru 390,2 mg%. Uzyskane wyniki są znacznie wyższe od podanych przez Priora i wsp. [15], tj. od 181,1 do 221,3 mg kw. gallusowego/100g, a zbliżone do wartości podanych przez Connor i wsp. [1], czyli od 350 do 516 mg kw. gallusowego/100g.

Zawartość polifenoli ogółem w owocach odmiany Lateblue z pierwszego zbioru wynosiła 383 mg%, a w owocach z trzeciego zbioru 414,9 mg%.

Zawartość antocyjanów ogółem

Zawartość antocyjanów w owocach odmiany Earlyblue z pierwszego zbioru wynosiła 132 mg%, w przeliczeniu na chlorek cyjanidyny, a ze zbioru trzeciego wartość ta była prawie dwukrotnie wyższa i wynosiła 227,2 mg% (tab. 1).

Zawartość antocyjanów w owocach odmiany Bluecrop ze zbioru pierwszego wynosiła 79,4 mg%, w trzecim zbiorze była nieco niższa tj. 64,0 mg%. Są to wyniki niższe od podanych przez Ehlenfeldta i Priora [3], którzy uzyskali 182 mg% antocyjanów w owocach. Zjawisko to można tłumaczyć odmiennymi warunkami pogodowymi, o czym piszą między innymi Kähkönen i wsp. [6]. Dowodzą oni, że niska temperatura

podczas dojrzewania owoców wpływa na wzrost zawartości antocyjanów, podobne działanie ma niski poziom nawożenia azotowego i fosforowego. Panująca w lipcu 2001 r. wysoka temperatura powietrza i intensywne nasłonecznienie nie sprzyjały syntezie antocyjanów i tym można tłumaczyć niższą od spodziewanej zawartość tych związków w owocach odmiany Bluecrop.

Owoce odmiany Jersey charakteryzowały się również wysoką zawartością antocyjanów wynoszącą odpowiednio w owocach z pierwszego i trzeciego zbioru 171,4 i 227,0 mg%. W badaniach prowadzonych przez Connor i wsp. [1] zawartość antocyjanów odmiany Jersey wahała się od 147 do 198 mg% w zależności od miejsca i roku uprawy. Niższe wartości tego parametru w borówkach odmiany Jersey, uprawianej w różnych rejonach Stanów Zjednoczonych, stwierdzili Prior i wsp. [15] – na poziomie 100,1 do 116,6 mg%.

Zawartość antocyjanów w owocach odmiany Lateblue z pierwszego zbioru wynosiła 171,2 mg% i była zbliżona do wyników otrzymanych przez Ehlenfeldta i Priora (176 mg%) [3]. W borówkach z trzeciego zbioru, w badaniach własnych, otrzymano nieznacznie więcej antocyjanów – 213,4 mg%.

Zawartość kwasu askorbinowego

Zawartość kwasu askorbinowego w owocach borówki wysokiej nie przekraczała 3,2 mg% (odmiana Jersey) (tab.1). Owoce borówki wysokiej nie są bogatym źródłem kwasu askorbinowego, dlatego można przypuszczać, że w niewielkim stopniu wpływa on na ich aktywność przeciwutleniającą. Podobnie uważają Kalt i wsp. [7], którzy podają, że kwas askorbinowy stanowi jedynie 0,4-9,4% aktywności przeciwutleniającej borówek.

Wnioski

1. Owoce czterech odmian borówki wysokiej uprawianych w Polsce charakteryzują się wysoką pojemnością przeciwutleniającą w zakresie od 17,6 (odmiana Lateblue) do 61,8 μ moła Troloxu/g owoców (odmiana Earlyblue)
2. Owoce z kolejnych zbiorów są coraz mniejsze, osiągając w trzecim zbiorze tylko 70% swojej początkowej wielkości. Jedynym wyjątkiem była odmiana Bluecrop, której owoce z trzeciego zbioru były większe od zebranych podczas pierwszego zbioru.
3. Wraz ze zmniejszaniem się średnicy owoców wzrasta zawartość polifenoli, antocyjanów i jednocześnie zwiększa się pojemność przeciwutleniająca owoców w przeliczeniu na masę świeżej tkanki.
4. Wskazuje się na możliwość wykorzystania mniej atrakcyjnych (mniejszych) dla konsumenta i przy tym tańszych owoców do celów przetwórczych. Przetwory z

tych owoców będą odznaczały się wyższą aktywnością przeciwutleniającą, a tym samym będzie je można zaliczyć do produktów o wysokich wartościach prozdrowotnych.

Literatura

- [1] Connor A., Luby J.J., Tong C.B.: Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content and anthocyanin content among blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 2002, **127**, 89-97.
- [2] Connor A., Luby J.J., Hancock J.F., Berkheimer S., Hanson E.J.: Changes in fruit antioxidant among cultivars during cold-temperature storage. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**, 893-898
- [3] Ehlenfeldt M.K., Prior R.L.: Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and anthocyanins concentration in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 2222-2227.
- [4] Fuleki T., Francis F.J.: Quantitative methods for anthocyanins. *J. Food Sci.*, 1968, **33**, 72.
- [5] Horubala A.: Pojemność przeciwutleniająca i jej zmiany w procesach przetwarzania owoców i warzyw. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 1999, **3**, 30-32.
- [6] Kähkönen M.P., Hopia A.I., Heinonen M.: Berry phenolics and their antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 4076-4082.
- [7] Kalt W., Forney C.F., Martin A., Prior R.L.: Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **47**, 4638-4644.
- [8] Kalt W.: Interspecific variation in anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity among genotypes of highbush and lowbush blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 2001, **127**, 89-97.
- [9] Miller N.J., Rice-Evans C.: Spectrophotometric determination of antioxidant activity, *Redox Report.*, 1996, **2** (3), 161-171.
- [10] Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei B., Wrolstand R.E.: Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium, Rubus and Ribes*. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**, 519-525.
- [11] Panczenko-Kresowska B.: Wolne rodniki a żywienie. *Wiadomości Zielarskie*, 1997, **10** (39), 17-18.
- [12] Peri C., Pompei G.: An assay of different phenolic fraction in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1971, **22**, 2, 55.
- [13] Pliszka K. (red.): *Borówka wysoka*. PWRiL. Warszawa 2002.
- [14] PN-90/A-75101/11. Oznaczenie zawartości kwasu askorbinowego.
- [15] Prior R.L., Cao G., Martin A., Sofic E., McEwen J., O'Brien C., Lischner N., Ehlenfeld M., Kalt W., Krewer G., Mainland C. M.: Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *vaccinium* species, *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46**, 2686-2693.
- [16] Sapers G.M., Burgher M., Philips J.G., Jones S.B.: Color and composition of highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1984, **109**, 1, 105-111.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF Highbush BLUEBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*)

Summary

Different cultivars of *vaccinium corymbosum* were analyzed with regard to their total content of polyphenolics, total content of anthocyanins, ascorbic acid content, and antioxidant capacity. Cultivars of blueberry were harvested twice, the second harvest took place 26 days after the first one.

A total antioxidant capacity of the studied berries ranged from a low 17.6 (Lateblue) to 61.8 (Earlyblue) μmol Trolox equivalents/g of the fresh berry. Generally, the fruits harvested earlier were larger except for the Bluecrop cultivar. The smaller fruits showed the highest contents of anthocyanins and polyphenols. The data obtained confirm indicate that blueberries are a rich source of antioxidants.

Key words: highbush blueberry, antioxidant activity, anthocyanins, polyphenols, ascorbic acid. ☒