

MACIEJ BILEK, TOMASZ DUDEK, ZBIGNIEW CZERNIAKOWSKI, PAWEŁ STANISZEWSKI

## Owoc borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) jako farmakopealny surowiec antocyjanowy

Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruit as a pharmacopoeial anthocyanin raw material

### ABSTRACT

Bilek M., Dudek T., Czerniakowski Z., Staniszewski P. 2020. Owoc borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) jako farmakopealny surowiec antocyjanowy. Sylwan 164 (9): 782-793. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020064>.

Bilberry, the most commonly collected fruit of Polish forests, has not only culinary values, but also proven therapeutic and preventive effects. It is a valuable forest raw material for herbal, pharmaceutical and food companies producing dietary supplements and drugs. The range of applications for bilberry is very wide, and the most important feature of this raw material is the high antioxidant potential associated with anthocyanins content. The aim of the study was to analyze the anthocyanins content in bilberry fruit, determine the time-related variability of this feature and relate the obtained results to pharmacopoeial standards. On selected sample plot, ripe bilberry fruits were collected at five-day intervals. As a preliminary test, dry matter and refractometric index measurement were carried out. Moreover, spectrophotometric determination of anthocyanins content expressed as chrysin (cyanidin 3-*O*-glucoside chloride) was examined, both in fresh and dried fruits. We found that regardless of the harvesting time, the bilberry fruits with 0.3035-0.7403% anthocyanins content meet the pharmacopoeial norm (0.3%). Furthermore, dried bilberry fruits, containing from 1.0151 to 2.0164% anthocyanins, can also be considered as a valuable anthocyanin raw material, however, the loss in anthocyanins content is 48.956% on average. The period of full usefulness of bilberry fruit in the context of anthocyanins content coincides with the period of their consumption attractiveness, so there is no need to apply separate recommendations for obtaining fruits of this species for medicinal purposes. We found however, that in the second half of the harvesting period, this raw material has a much more stable anthocyanins content than in the first, when it increases significantly.

### KEY WORDS

non-wood forest products, bilberry, anthocyanins

### ADDRESSES

Maciej Bilek <sup>(1)</sup> – e-mail: [mbilek@ur.edu.pl](mailto:mbilek@ur.edu.pl)

Tomasz Dudek <sup>(1)</sup> – e-mail: [tdudek80@ur.edu.pl](mailto:tdudek80@ur.edu.pl)

Zbigniew Czerniakowski <sup>(1)</sup> – e-mail: [willow@ur.edu.pl](mailto:willow@ur.edu.pl)

Paweł Staniszewski <sup>(2)</sup> – e-mail: [pawel.staniszewski@wl.sggw.pl](mailto:pawel.staniszewski@wl.sggw.pl)

<sup>(1)</sup> Zakład Agroekologii, Uniwersytet Rzeszowski; ul. Ćwiklińskiej 1a, 35-601 Rzeszów

<sup>(2)</sup> Katedra Użytkowania Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Wstęp

Pozyskiwanie zasobów runa leśnego, w tym owoców, jest w Polsce tradycją. Wielkość skupu owoców w ostatnich latach waha się od 3278 (2017 rok) do 19 138 (2005 rok) ton rocznie, z czego od 40 do 60% stanowi borówka czernica (*Vaccinium myrtillus* L.) [Rocznik... 2018]. Biorąc pod uwagę, że powyższe dane nie obejmują pozyskiwania owoców na użytek zbierających, a także na potrzeby lokalnego rynku (m.in. znacznej, choć trudnej do oszacowania skali sprzedaży przydrożnej [Staniszewski 2007]), można przyjąć, że jest to najpowszechniej zbierany owoc polskich lasów. Jest to również jeden z nielicznych gatunków roślin runa leśnego, którego zasoby i baza surowcowa zostały gruntownie rozpoznane [Grochowski, Zdanowski 1968].

Borówka czernica była znana i ceniona już w tradycji ludowej [Henslowa 1979], a jej owoce zbierane są nadal, przede wszystkim do celów spożywczych, wykazują bowiem wysokie walory smakowe i żywieniowe, a zasięg występowania tego gatunku obejmuje praktycznie całą Polskę [Szafer, Zarzycki 1977]. Owoce i liście borówki czernicy mają także walory profilaktyczne i lecznicze. Według współczesnych badań owoc tej rośliny stanowi bogate źródło antocyjanów, flawonoidów, garbników, kwasów organicznych, składników mineralnych i witamin oraz cukrów i pektyn [Strzelecka, Kowalski 2000; Nartowska 2007]. Ze względu na bogactwo składu chemicznego zakres zastosowań owoców borówki czernicy jest bardzo szeroki, przy czym za najistotniejszą cechę tego surowca uważa się wysoki potencjał antyoksydacyjny związany z zawartością antocyjanów [Drozd, Anuszevska 2013; Baraniak, Kania 2015]. Bardzo trudno przy tym rozgraniczyć korzyści żywieniowe i lecznicze. Z jednej strony stosowanie surowców bogatych w antocyjany opóźnia procesy starzenia, zapobiega uszkodzeniom ścian naczyń krwionośnych i inicjowaniu procesu nowotworzenia – z tego też powodu świeże owoce borówki mogą być stosowane w profilaktyce żywieniowej chorób układu sercowo-naczyniowego, nowotworowych, wieku podeszłego i neurodegeneracyjnych [Strzelecka, Kowalski 2000; Szajdek, Borowska 2004; Wawrzyniak i in. 2011; Drozd, Anuszevska 2013; Zalega, Szostak-Węgierek 2013]. Z drugiej strony owoce borówki czernicy, a przede wszystkim wyciągi z nich otrzymywane, cechują się typowymi właściwościami leczniczymi: uszczelniają ściany naczyń włosowatych, zwiększają wytrzymałość śródbłonna naczyń krwionośnych, zmniejszają krwawienia i jednocześnie polepszają ukrwienie w obrębie tęczówki oka, działają przeciwzapalnie, przeciwzakrzepowo i ułatwiają rozpuszczanie mikrozakrzepów oraz poprawiają ostrość widzenia. Tak szeroki zakres działania sprawia, że zarówno owoc borówki, jak i preparaty lecznicze z tego surowca znajdują zastosowanie w leczeniu rozmaitych chorób narządu wzroku, m.in. zaburzeń krążenia, zaburzeń widzenia o zmroku, stanów zapalnych i krwawień w gałce ocznej oraz zaburzeń widzenia wywołanych zmianami cukrzycowymi. Stosowane mogą być również w nadciśnieniu śródgałkowym, katarakcie i ogólnym osłabieniu wzroku. Zakres wskazań leczniczych owocu borówki obejmuje również choroby naczyń obwodowych, np. zylaki, nadmierną kruchość naczyń oraz zaburzenia krążenia [Strzelecka, Kowalski 2000; Drozd, Anuszevska 2013; Lamer-Zarawska i in. 2014].

Właściwości żywieniowe i lecznicze borówki czernicy sprawiły, że cieszy się ona rosnącą popularnością jako obiekt interdyscyplinarnych prac naukowych, w których określana jest m.in. biodostępność zawartych w niej substancji czynnych [Mueller i in. 2017, 2018]. Badane są ponadto pod względem składu chemicznego klasyczne przetwory z owoców borówki, takie jak dżemy, syropy i zupy [Gozdecka i in. 2015], jak również opracowywane są nowe środki spożywcze, w tym coraz popularniejsze suplementy diety i nutraceutyki [Betz, Kulozik 2011; Brasanac-Vukanovic i in. 2018].

Wysoka zawartość antocyjanów w owocu borówki czernicy i wynikające stąd możliwości zastosowania nie tylko profilaktycznego, ale też i leczniczego sprawiły, że została ona wymieniona w najnowszej „Farmakopei Europejskiej 9” i jej polskojęzycznej wersji – „Farmakopei Polskiej XI”. Jako źródło antocyjanów lekospisy te uwzględniają owoc borówki w postaci świeżej, owoc borówki w postaci zamrożonej w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$  lub niższej, jak również sporządzony z nich wyciąg suchy oczyszczony i standaryzowany [Farmakoepa... 2017]. „Farmakoepa Europejska 9” i „Farmakoepa Polska XI” obok owocu świeżego wymieniają także suszony owoc borówki, zawierający co najmniej 1% garbników, będący popularnym lekiem przeciwbiegunkowym, stosowanym zarówno przez medycynę ludową, jak i oficjalną [Kohlmünzer 1998; Strzelecka, Kowalski 2000]. Obecnie surowcowi temu przypisuje się jednak znacznie szersze działanie, czego wyrazem są zarówno podręczniki [Lamer-Zarawska i in. 2014] i publikacje naukowe [Witkowska, Zujko 2009; Kałwa 2018], jak i rosnąca ilość suplementów diety, leków ziołowych oraz herbatek ziołowych i owocowych, których producenci deklarują dla suszonego owocu borówki działanie typowe dla surowca antocyjanowego [Strzelecka, Kowalski 2000], opisywane najczęściej jako profilaktyczne wobec chorób cywilizacyjnych.

Ze względu na szerokie możliwości stosowania owocu borówki czernicy stanowi bardzo atrakcyjny niedrzewny surowiec leśny dla firm zielarskich, farmaceutycznych oraz spożywczych wytwarzających suplementy diety. Powstaje jednak pytanie o zawartość antocyjanów w rodzimym surowcu oraz jej potencjalną zmienność w czasie.

Celem badań była analiza owoców borówki czernicy pod kątem zawartości antocyjanów, określenie zmian ich zawartości w czasie i odniesienie uzyskanych wyników do obowiązujących norm farmakopealnych, dzięki czemu możliwa stanie się ocena wartości leczniczych rodzimego surowca w porównaniu do surowca pochodzącego z innych krajów europejskich.

## **Materiał i metody**

Zbiór owoców borówki czernicy dokonano w Nadleśnictwie Leżajsk, w drzewostanie sosnowym w wieku około 60 lat, na siedlisku boru mieszanego świeżego. W oddziale 148a, gdzie borówka występuje w zwartych łąkach, wytyczono stumetrowej długości transekt, wzdłuż którego w pięciodniowych odstępach prowadzono zbiór dojrzałych owoców. Za każdym razem pozyskiwano po 250 g owoców, zbierając je losowo, ale posuwając się wzdłuż wyznaczonego transektu, z całej jego długości. Zbierano wyłącznie owoce o barwie określonej wymogami „Farmakopei Polskiej XI”, od momentu wejścia w stadium dojrzałości aż do całkowitego zaniku owocowania. Kolejnymi terminami zbioru były: 10 czerwca (dalej: zbiór 1), 15 czerwca (zbiór 2), 20 czerwca (zbiór 3), 25 czerwca (zbiór 4), 30 czerwca (zbiór 5), 5 lipca (zbiór 6), 10 lipca (zbiór 7) oraz 15 lipca (zbiór 8). Zebrany materiał dzielono na dwie partie, z których pierwszą zamrażano w temperaturze  $-21^{\circ}\text{C}$ , drugą zaś suszono w temperaturze  $40^{\circ}\text{C}$  aż do uzyskania stałej masy.

Analizy laboratoryjne przeprowadzono zgodnie z zaleceniami opisanymi w „Farmakopei Polskiej XI”. Surowiec rozmrożono, wydzielono po trzy 50-gramowe porcje i każdą z nich miazdżono bezpośrednio przed użyciem w stalowym moździerz. Dla każdej z tak otrzymanych próbek przeprowadzono w trzech powtórzeniach pomiar suchej masy, ekstraktu refraktometrycznego oraz zawartości antocyjanów ( $n=9$ , tab. 1).

Pomiar suchej masy 5-gramowej naważki surowca przeprowadzony został za pomocą wago-suszarki RadWag MA50.R przy programie temperaturowym  $105^{\circ}\text{C}$ , kończącym się brakiem utraty masy 1 mg przez badaną próbkę w ciągu 120 s. Równoległe wykonano pomiar ekstraktu refraktometrycznego badanych próbek za pomocą refraktometru cyfrowego HI 96800. Polegał on na umieszczeniu na szkle pryzmatu refraktometru odpowiedniej ilości świeżo zmiażdżonego

Tabela 1.

Średnia ( $\pm$ odchylenie standardowe) zawartość antocyjanów w przeliczeniu na chryzanteminę [%] w świeżych (ZAsw) i wysuszonych (ZAwys) owocach borówki czernicy oraz sucha masa (SM [%]) i ekstrakt refraktometryczny (ER [°Brix]) surowca świeżego dla poszczególnych zbiorów

Mean ( $\pm$ standard deviation) anthocyanins content expressed as chrysanthemine [%] in fresh and dried bilberries (ZAsw and ZAwys respectively), dry matter (SM [%]) and the refractometric index (ER [°Brix]) of fresh raw material collected during individual samplings (zbiór)

Zbiór	ZAsw	ZAwys	SM	ER
1	0,3035 $\pm$ 0,0109	1,0152 $\pm$ 0,0134	15,398 $\pm$ 0,472	10,3 $\pm$ 0,1
10.06	vs. 2,3,4*	vs. 2,3,4	vs. 2,3,4,5	vs. 2,3,4
2	0,3734 $\pm$ 0,0051	1,1506 $\pm$ 0,0085	15,646 $\pm$ 0,170	11,3 $\pm$ 0,0
15.06	vs. 1,3,4,5	vs. 1,3,4,8	vs. 1,3,4,5	vs. 1,3,4,5
3	0,4731 $\pm$ 0,0061	1,6620 $\pm$ 0,0273	15,918 $\pm$ 0,274	12,1 $\pm$ 0,0
20.06	vs. 1,2,4,5	vs. 1,2,4,5,8	vs. 1,2,4,5,6,7	vs. 1,2,4,5,7
4	0,5896 $\pm$ 0,0194	1,7541 $\pm$ 0,0233	15,517 $\pm$ 0,257	12,2 $\pm$ 0,0
25.06	vs. 1,2,3,5,6,7	vs. 1,2,3,5,7,8	vs. 1,2,3,5	vs. 1,2,3,5,6,7
5	0,6069 $\pm$ 0,0142	1,8454 $\pm$ 0,0164	16,062 $\pm$ 0,516	13,2 $\pm$ 0,6
30.06	vs. 2,3,4,6,7,8	vs. 3,4,6,7,8	vs. 1,2,3,4,6,7	vs. 2,3,4,6,7,8
6	0,6602 $\pm$ 0,0231	2,0164 $\pm$ 0,0114	17,920 $\pm$ 0,509	14,1 $\pm$ 0,2
5.07	vs. 4,5,7,8	vs. 5,7,8	vs. 3,5,7,8	vs. 4,5,7,8
7	0,6455 $\pm$ 0,0242	1,8744 $\pm$ 0,0064	18,067 $\pm$ 0,292	13,8 $\pm$ 0,1
10.07	vs. 3,4,5,6,8	vs. 4,5,6,8	vs. 3,5,6,8	vs. 3,4,5,6,8
8	0,7403 $\pm$ 0,0095	1,7835 $\pm$ 0,0172	20,951 $\pm$ 0,576	15,4 $\pm$ 0,1
15.07	vs. 5,6,7	vs. 2,3,4,5,6,7	vs. 6,7	vs. 5,6,7

\* brak istotnych różnic między danym terminem a wymienionymi (test Dunna,  $p=0,05$ )

\* no significant differences between given sampling and listed ones (Dunn test,  $p=0,05$ )

surowca i odczytaniu wyniku wyrażonego w skali Brix. Zgodnie z wymogami farmakopealnymi („Owoc borówki czernicy świeży”) wykonano również spektrofotometryczne oznaczenie zawartości antocyjanów w przeliczeniu na chryzanteminę (chlorek 3-*O*-glukozydu cyjanidyny). Metoda ta polega na sporządzeniu metanolowego ekstraktu z 5-gramowej porcji surowca poprzez półgodzinne mechaniczne mieszanie. Następnie ekstrakt jest 50-krotnie rozcieńczany 0,1-procentowym roztworem kwasu solnego w metanolu i badana jest jego absorbancja przy długości fali 528 nm wobec 0,1-procentowego roztworu kwasu solnego w metanolu jako odnośnika. Pomiar wykonywano za pomocą spektrofotometru Metash Vis 5100. Suszony owoc borówki poddano analogicznym badaniom, stosując naważkę gramową, po uprzednim zmieleniu surowca w młynku analitycznym.

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 12 przy poziomie istotności  $p<0,05$ . We wszystkich grupach (zbiory) część zmiennych zależnych (zawartość antocyjanów) nie wykazywała rozkładu normalnego, zatem do analizy statystycznej zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa. Przyjęto do testowania hipotezę zerową o braku różnic między średnimi zawartościami antocyjanów w owocach borówki w kolejnych zbiorach. W przypadku odrzucenia hipotezy zerowej zastosowano do dalszej analizy test *post-hoc* Dunna. Analizę korelacji przeprowadzono za pomocą pakietu Microsoft Office 2013.

## Wyniki

W przypadku trzech badanych parametrów świeżych owoców borówki czernicy, tj. zawartości antocyjanów w przeliczeniu na chryzanteminę, suchej masy i ekstraktu refraktometrycznego, obserwowano stałą tendencję wzrostową z wartościami średnimi odpowiednio od 0,3035 do 0,7403%,

od 15,398 do 20,951% i od 10,3 do 15,4°Brix (tab. 1). Stwierdzono równocześnie bardzo wysoką korelację pomiędzy uzyskanymi wynikami oznaczania suchej masy i ekstraktu refraktometrycznego, opisaną dodatnim współczynnikiem korelacji  $r=0,8803$ ,  $p<0,05$ . Stwierdzono także korelację pomiędzy zawartością antocyjanów a parametrami suchej masy i ekstraktu refraktometrycznego, przy czym dla ekstraktu refraktometrycznego dodatni współczynnik korelacji był wyższy i wynosił  $r=0,9339$ , a dla suchej masy niższy:  $r=0,7386$ . Ustalono ponadto silną korelację pomiędzy zawartością antocyjanów w owocach świeżych i suszonych ( $r=0,9039$ ), przy czym w przypadku surowca suszonego zaobserwowano dla pierwszych sześciu zbiorów tendencję wzrostową zawartości antocyjanów w przeliczeniu na chryzanteminę (chlorek 3-O-glukozydu cyjanidyny) w zakresie od 1,0151 do 2,0164%. Jedynie w przypadku surowca suszonego z dwóch ostatnich zbiorów odnotowano spadek zawartości, do 1,8744% i następnie 1,7853%, podczas gdy dla owoców świeżych tendencja wzrostowa utrzymywała się przez cały okres badań. Procent zachowanej zawartości antocyjanów względem surowca świeżego po procesie suszenia owoców borówki wyniósł od 45,636% dla surowca ze zbioru 4 do 56,471% dla surowca ze zbioru 3. Średnia strata zawartości antocyjanów wyniosła 48,956%.

W obu przypadkach (owoc świeży i suszony) odrzucono hipotezę zerową o braku różnic w zawartości antocyjanów między kolejnymi terminami zbioru owoców (tab. 2). Stwierdzono istotne różnice w zawartości antocyjanów w owocach borówki zarówno świeżych, jak i suszonych zebranych w różnych okresach sezonu owocowania tego gatunku (tab. 2). W przypadku owoców świeżych różnice w zawartości antocyjanów w odniesieniu do zbioru 1 stale rosną wraz z kolejnymi terminami zbioru, z wyjątkiem zbioru 7, przy czym dopiero od zbioru 5 są istotne statystycznie. W przypadku owoców suszonych różnice te zwiększają się do 6 zbioru, po czym zmniejszają się. Istotne różnice zawartości antocyjanów dostrzegane są między zbiorami 1-4 a kolejnymi terminami zbioru. Natomiast wystąpił brak istotnych różnic między wszystkimi kolejnymi parami zbioru (tab. 2).

## Dyskusja

Zasadniczym wymogiem jakościowym surowca „Owoc borówki czernicy świeży” jest zawartość antocyjanów nie mniejsza niż 0,3%, przy równoczesnej stracie masy po suszeniu w zakresie od 80 do 90%. W kontekście tego zastrzeżenia owoce ze wszystkich terminów zbioru odznaczały się średnią zawartością antocyjanów w przeliczeniu na chryzanteminę powyżej 0,3% (tab. 1, ryc. 1). Jednak próbka z ostatniego zbioru nieznacznie przekroczyła normę zawartości suchej masy (średnia 20,951%, przy normie od 10 do 20%), nie spełniając tym samym wymogów farmakopealnych (tab. 1, ryc. 2) [Farmakopea... 2017]. Równocześnie wykazano, że pomiar ekstraktu refraktome-

**Tabela 2.**

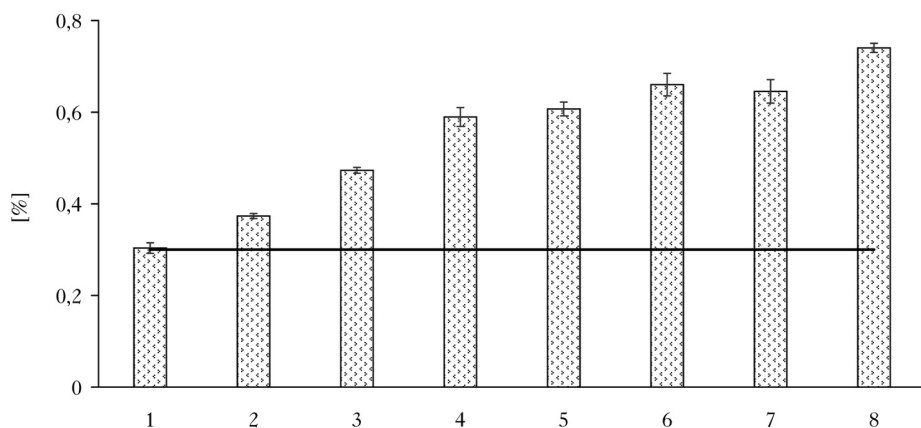
Ocena wpływu terminu zbioru owoców na zawartość antocyjanów w świeżych (ZAsw) i wysuszonych (ZAwys) owocach borówki czernicy oraz sucha masa (SM) i ekstrakt refraktometryczny (ER) surowca świeżego

Assessment of the effect of sampling date on anthocyanins content in fresh and dried bilberries (ZAsw and ZAwys respectively), dry matter (SM) and the refractometric index (ER) of fresh raw material collected

	H	Me	Chi <sup>2</sup>
ZAsw	67,44476	0,598189	56,00000
ZAwys	69,42456	1,77228	59,55556
SM	57,03146	16,0830	54,22222
ER	69,49116	12,2000	68,44170

H – test Kruskala-Wallisa, Me – test median, Chi<sup>2</sup> – test Chi<sup>2</sup>,  $p<0,001$

H – Kruskal-Wallis test, Me – medians test, Chi<sup>2</sup> – Chi<sup>2</sup> test,  $p<0,001$



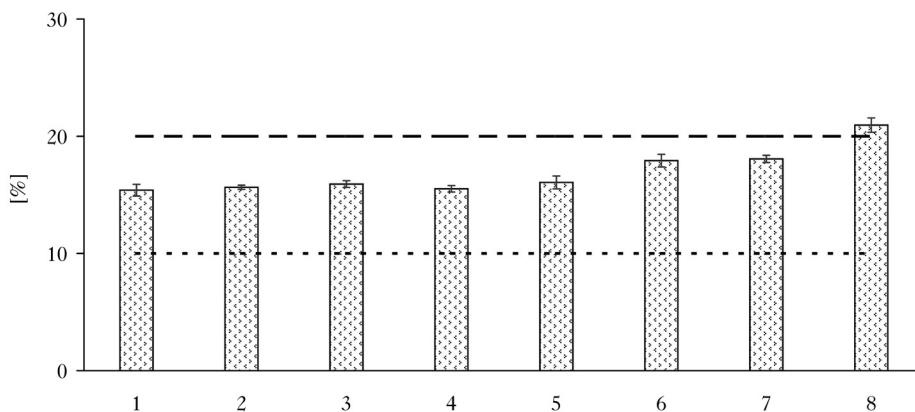
Ryc. 1.

Średnia (słupki) i odchylenie standardowe (wąsy) zawartość antocyjanów w przeliczeniu na chryzanteminy w świeżych owocach borówki czarnej w poszczególnych terminach zbioru

Average (bar) and standard deviation (whisker) anthocyanins content in fresh bilberry fruits expressed as chrysanthemin for sampling dates (see table 1)

linia – minimalna zawartość według Farmakopei... [2017]

line – minimum content according to Farmakopea... [2017]



Ryc. 2.

Średnia (słupki) i odchylenie standardowe (wąsy) zawartość suchej masy w świeżych owocach borówki czarnej w poszczególnych terminach zbioru

Average (bar) and standard deviation (whisker) dry matter in fresh bilberry fruits for sampling dates (see table 1)

linia kropkowana – minimalna zawartość według Farmakopei... [2017], linia przerywana – maksymalna zawartość według Farmakopei... [2017]

dotted line – minimum content according to Farmakopea... [2017], dashed line – maximum content according to Farmakopea... [2017]

trycznego za pomocą refraktometru, pomimo że nieujęty w zalecanych badaniach farmakopealnych, ze względu na swą prostotę, szybkość wykonywania i możliwość stosowania w warunkach polowych [Zalewska-Korona, Jabłońska-Ryś 2012] mógłby okazać się pomocny we wstępnej, przesiewowej ocenie pozyskiwanego surowca. Jak wspomniano, koresponduje on ściśle z zawartością antocyjanów i równocześnie może zostać łatwo przeliczony na orientacyjną zawartość suchej masy, której oznaczenie jest znacznie bardziej czasochłonne i wymaga bardziej zaawansowanego, kosztownego sprzętu.

Bardzo częstym problemem związanym ze stosowaniem roślin leczniczych jest ich niestabilny skład chemiczny. Zawartość substancji czynnych może różnić się w zależności od różnych czynników kilka, a nawet kilkanaście razy, niejednokrotnie podważając celowość stosowania terapeutycznego [Piotrowska 2005; Łajs 2013]. W niniejszych badaniach potwierdzono tę zależność, wykazując ponad dwukrotne różnice w zawartości antocyjanów w ciągu całego okresu zbioru: zawartość antocyjanów była zmienna w zakresie od średnio 0,3035% do średnio 0,7403%. Pomimo spełnienia normy farmakopealnej dla wszystkich ośmiu zbiorów, wykazano różną potencjalną wartość terapeutyczną surowca, która wyraża się istotnie statystyczną zmiennością w zawartości antocyjanów w owocach borówki czernicy w zależności od terminu zbioru. Korzystniejszym z punktu widzenia zawartości antocyjanów terminem zbioru w badanym okresie wegetacyjnym była druga połowa okresu owocowania borówki, tj. od 30 czerwca do 15 lipca. W tym czasie stwierdzono najwyższą zawartość antocyjanów oraz równocześnie brak istotnych statystycznie różnic między kolejnymi terminami zbioru, przy czym surowiec z ostatniego, 8 zbioru posiadał ponadnormatywną suchą masę, dyskwalifikującą w kontekście wymogów farmakopealnych [Farmakopea... 2017]. Tymczasem najważniejsze źródła z zakresu zielarstwa i ziołolecznictwa wskazują bardzo szeroki i dowolny termin zbioru owoców borówki czernicy, najczęściej wymieniając czerwiec i lipiec [Strzelecka, Kowalski 2000; Lamer-Zarawska i in. 2014]. Stwierdzony w niniejszej pracy stabilny skład surowca w drugim okresie owocowania wydaje się być najkorzystniejszy z punktu widzenia przemysłu farmaceutycznego i standaryzacji surowców leczniczych, przy czym przy kontraktowaniu owoców borówki czernicy należałoby brać również pod uwagę czynniki geograficzne, siedliskowe, klimatyczne i pogodowe, nieuwzględnione w niniejszych badaniach.

Badania zmienności zawartości antocyjanów (kluczowych składników determinujących właściwości żywieniowe i lecznicze borówki czernicy) prowadzone były już wielokrotnie. Metodą analogiczną do zastosowanej w niniejszej pracy posłużyli się Burdulis i in. [2007], badając surowiec pobrany z różnych stanowisk na Litwie. Uzyskali oni zakres stężeń antocyjanów od 0,264 do 0,399%, wykazując równocześnie, że są to stężenia zbliżone do uzyskiwanych w badaniach rosyjskich, białoruskich i szwedzkich. Średnia zawartość antocyjanów wyliczona przez Burdulisa i in. [2007] dla badań z wymienionych krajów wyniosła 0,398%, przy czym najbogatszy w antocyjany był surowiec rosyjski i szwedzki, jednak stężenie antocyjanów nie przekraczało wartości 0,45%. Tymczasem w niniejszej pracy zbliżone stężenia uzyskano wyłącznie w 2 i 3 zbiorze, dla kolejnych wykazując rosnącą tendencję, aż do wartości 0,7403% w zbiorze ostatnim. Wskazuje to, że owoc borówki czernicy z terenu południowo-wschodniej Polski, zbierany znacznie wcześniej aniżeli surowiec w Europie Wschodniej i Północnej, odznacza się wyższą zawartością antocyjanów, szczególnie w drugiej połowie okresu owocowania. Jest to zatem jego bardzo istotny wyróżnik, dający rodzimemu surowcowi istotną przewagę rynkową w skali ogólnoeuropejskiej zarówno pod względem właściwości leczniczych, jak i żywieniowych.

Wyniki badań zmian zawartości antocyjanów uzyskane przez Burdulisa i in. [2007] pomiędzy różnymi stanowiskami zbioru potwierdzili również Hoźić i in. [2017], zwracając równocześnie uwagę na zróżnicowanie w zawartości antocyjanów pomiędzy kolejnymi latami zbiorów. Stosując odmienną metodykę analityczną, uzyskali oni w roku 2015 dla trzech miejsc zbioru średnią zawartość antocyjanów wynoszącą 0,4010, 0,3801 i 0,4220%. W kolejnym roku, w tych samych miejscach zbioru, wartości te różniły się i wyniosły odpowiednio 0,4394, 0,4372 oraz 0,4488%. Z perspektywy niniejszych badań istotniejsza dla właściwości leczniczych borówki czernicy wydaje się jednak zmienność zawartości antocyjanów w czasie, mająca kluczowe znaczenie z użyt-

kowego punktu widzenia. Wzrost w czasie zawartości antocyjanów w owocach obserwowany był już wcześniej dla borówki wysokiej, np. dla odmiany EarlyBlue wynosił on z 0,1320 do 0,2272% zawartości antocyjanów ogółem [Ścibisz i in. 2003]. W niniejszych badaniach wykazano, że pomiędzy pierwszym a ostatnim zbiorem różnice w zawartości antocyjanów są ponad dwukrotne, znacznie większe zatem od postulowanych wcześniej różnic międzystanowiskowych [Burdulis i in. 2007; Hodźić i in. 2017] i różnic pomiędzy kolejnymi latami zbiorów [Hodźić i in. 2017]. Na wzrost zawartości poszczególnych antocyjanów w owocu borówki w czasie zwrócili uwagę Burdulis i in. [2007]. Technika chromatograficzna wykazała oni kilku-kilkunastoprocentowe różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim terminem zbioru. Tymczasem w niniejszej pracy, w której badano sumę antocyjanów, różnice te były ponad dwukrotne, co lepiej odzwierciedla zmiany zachodzące we właściwościach leczniczych badanego surowca.

Na podstawie przedstawionych powyżej wyników za wartościowy surowiec antocyjanowy uznać można również suszony owoc borówki, zawierający od 1,0151 do 2,0164% antocyjanów. Jest faktem powszechnie znanym, że proces suszenia obniża zawartość substancji czynnych w surowcach leczniczych [Śledź, Witrowa-Rajchert 2012]. W dotychczasowych pracach zwracano jednak uwagę na wyjątkową trwałość barwy borówki czernicy w czasie procesu suszenia, w przeciwieństwie do innych owoców [Pasałwska i in. 2010], co mogło sugerować wysoki stopień zachowania antocyjanów. W niniejszych badaniach wykazano, że strata zawartości antocyjanów w wyniku suszenia w temperaturze 40°C wynosi średnio 48,956%, co świadczy o daleko idącej degradacji surowca. Pomimo tego suszony owoc borówki czernicy, jako składnik suplementów diety, herbatek ziołowych i owocowych, nadal należy uważać za cenny składnik o znacznych walorach żywieniowych, mogący znaleźć zastosowanie w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. Jest on bardziej wartościowy pod względem zawartości antocyjanów od takich przetworów spożywczych jak dżemy czy syropy, w których straty zawartości antocyjanów sięgały nawet 80% [Gozdecka i in. 2015].

## Wnioski

- ✦ Niezależnie od terminu zbioru owoc borówki czernicy spełnia farmakopealną normę zawartości antocyjanów wynoszącą 0,3%, przy czym przez cały okres zbioru, tj. od 10 czerwca (0,3035%) do 15 lipca (0,7403%), obserwowano stały wzrost zawartości antocyjanów, odznaczający się zmieniającym nasileniem.
- ✦ Próbkę z ostatniego zbioru (15 lipca), odznaczającą się średnią zawartością suchej masy wynoszącą 20,951%, nie spełniały normy farmakopealnej (10-20%).
- ✦ W kontekście wyników badań owoców borówki czernicy pochodzących z krajów wschodnio- i północnoeuropejskich rodzimy surowiec z południowo-wschodniej części kraju należy uznać za bardziej wartościowy pod względem zawartości antocyjanów.
- ✦ Za cenny surowiec antocyjanowy uznać można również suszony owoc borówki, zawierający od 1,0151 do 2,0164% antocyjanów, przy czym średnia strata zawartości antocyjanów w procesie suszenia wynosi 48,956%.
- ✦ Okres przydatności świeżych owoców borówki do przetwórstwa farmaceutycznego w kontekście zawartości antocyjanów pokrywa się z okresem ich atrakcyjności konsumpcyjnej. Nie ma zatem potrzeby stosowania odrębnych zaleceń dotyczących pozyskiwania owoców tego gatunku w celach leczniczych, jakkolwiek w drugiej połowie okresu owocowania surowiec cechował się najbardziej stabilną zawartością antocyjanów, co ma szczególne znaczenie z punktu widzenia przemysłu farmaceutycznego i standaryzacji surowców leczniczych.



## Literatura

- Baraniak J., Kania M. 2015. Borówka, winorośl i granatowiec – znane rośliny o aktywności przeciwutleniającej. Postępy Fitoterapii 16 (1): 50-55.
- Betz M., Kulozik U. 2011. Microencapsulation of bioactive bilberry anthocyanins by means of whey protein gels. *Procedia Food Science* 1: 2047-2056. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.10.006>.
- Brasanać-Vukanović S., Mutić J., Stanković D. M., Arsić I., Blagojević N., Vukasinić-Pešić V., Tadić V. M. 2018. Wild Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L., Ericaceae) from Montenegro as a Source of Antioxidants for Use in the Production of Nutraceuticals. *Molecules* 23: 1864. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23081864>.
- Burdulis D., Ivanauskas L., Dirsė V., Kazlauskas S., Ratukas A. 2007. Study of diversity of anthocyanin composition in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruits. *Medicina (Kaunas)* 43 (12): 971-977.
- Drozd J., Anuszevska E. 2013. Czarna jagoda – perspektywy nowych zastosowań w profilaktyce i wspomaganiu leczenia chorób cywilizacyjnych. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie* 2: 226-235.
- Drózdź P., Śieżenie V., Pyrżyńska K. 2017a. Mineral Composition of Wild and Cultivated Blueberries. *Biological Trace Element Research* 181 (1): 173-177. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1033-z>.
- Drózdź P., Śieżenie V., Pyrżyńska K. 2017b. Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. *Plant Foods for Human Nutrition* 72 (4): 360-364. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0640-3>.
- Farmakopea Polska XI. 2017. Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, Warszawa.
- Gozdecka G., Kaniewska J., Domaradzki M., Jędrzycka K. 2015. Ocena zawartości wybranych składników bioaktywnych w przetworach z borówki czernicy. *Żywność. Nauka Technologia Jakość* 98 (1): 170-180.
- Grochowski W., Zdanowski A. 1968. Rozpoznanie baz surowcowych dolnych warstw lasu jako podstawa racjonalnej gospodarki ich zasobami. *Prace IBL* 365: 21.
- Henslowa M. 1979. Z badań nad wiedzą ludową o roślinach *Ericaceae* – wrzosowate. *Slavia Antiqua* 26: 239-291.
- Hodžić A., Vranac A., Kurtović M., Grahić J., Memić S., Gašić F. 2017. Anthocyanins content in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruits from three populations in Bosnia and Herzegovina. *Works of the Faculty of Agriculture and Food Sciences, University of Sarajevo* 62 (2): 140-145.
- Kałuża K. 2018. Właściwości antyoksydacyjne naparów z wybranych krajowych owoców jagodowych. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 25 (1/4): 10-14.
- Kohlntünzer S. 1998. *Farmakognozja*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Lamer-Zarawska E., Kowal-Gierczak B., Niedworok J. 2014. *Fitoterapia i leki roślinne*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Łąjs I. 2013. *Fitochemiczne badania porównawcze wyciągów ze świeżych i wysuszonych surowców roślinnych*. Rozprawa doktorska. Poznań.
- Mueller D., Jung K., Winter M., Rogoll D., Melcher R., Richling E. 2017. Human intervention study to investigate the intestinal accessibility and bioavailability of anthocyanins from bilberries. *Food Chemistry* 231: 275-286.
- Mueller D., Jung K., Winter M., Rogoll D., Melcher R., Kulozik U., Schwarz K., Richling E. 2018. Encapsulation of anthocyanins from bilberries – Effects on bioavailability and intestinal accessibility in humans. *Food Chemistry* 248: 217-224.
- Nartowska J. 2007. Borówka czernica. *Panacea* 21 (4): 5-7.
- Pasławska M., Stępień B., Jałoszyński K. 2010. Zmiany parametrów barwy owoców jagodowych wywołane suszeniem, przechowywaniem i rehydratacją. *Inżynieria Rolnicza* 120 (2): 95-102.
- Piotrowska A. 2005. Standaryzacja i kontrola jakości *Valeriana radix*. *Panacea* 11 (2): 14-15.
- Rocznik statystyczny leśnictwa. 2018. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Staniszewski P. 2007. Współczesność i perspektywy rozwoju ubocznego użytkowania lasu w Polsce i na świecie. *Las to nie tylko drewno*. SITLiD, Warszawa.
- Strzelecka H., Kowalski P. [red.]. 2000. *Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa*. Warszawa.
- Szafer W., Zarzycki K. [red.]. 1977. *Szata roślinna Polski*. PWN, Warszawa.
- Szajdek A., Borowska J. 2004. Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka Technologia Jakość* 41 (4): 5-28.
- Ścibisz I., Mitek M., Małewska J. 2003. Aktywność przeciwutleniająca owoców borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). *Żywność* 35 (2): 159-166.
- Śledź M., Witrowa-Rajchert D. 2012. Składniki biologicznie czynne w suszonych ziołach – czy ciągle aktywne? *Kosmos* 61 (2): 319-329.
- Wawrzyniak A., Krotki M., Stoparczyk B. 2011. Właściwości antyoksydacyjne owoców i warzyw. *Medycyna Rodzinna* 14 (1): 19-23.

- Witkowska A., Zujko M. E. 2009. Aktywność antyoksydacyjna owoców leśnych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 42 (3): 900-903.
- Zalega J., Szostak-Węgierek D. 2013. Żywność w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 94 (1): 41-49.
- Zalewska-Korona M., Jabłońska-Ryś E. 2012. Ocena przydatności do przetwórstwa owoców wybranych odmian pomidora gruntowego. *Żywność. Nauka Technologia Jakość* 81 (2): 77-87.