

GRAŻYNA JURGIEL-MAŁECKA, ANNA BUCHWAŁ

## CHARAKTERYSTYKA SKŁADU CHEMICZNEGO OWOCÓW PORZECZKI UPRAWIANEJ W REGIONIE POMORZA ZACHODNIEGO

### Streszczenie

Porzeczki należą do grupy owoców o wysokiej wartości odżywczej i korzystnej aktywności biologicznej. Celem pracy było porównanie składu chemicznego i określenie właściwości owoców trzech gatunków porzeczki: czarnej (*Ribes nigrum* L.) – odmiany ‘Ruben’, czerwonej (*Ribes rubrum* L.) – odmiany ‘Rovanda’ i białej (*Ribes niveum* L.) – odmiany ‘Biała z Juteborg’, uprawianych w regionie Pomorza Zachodniego i zebranych w fazie dojrzałości konsumpcyjnej z krzewów 4-letnich w 2015 roku. W owocach oznaczono zawartość: makro- i mikroskładników (N, P, K, Ca i Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn), cukrów redukujących i cukrów ogółem, polifenoli ogółem oraz witaminy C. Stwierdzono, że owoce badanych odmian porzeczki mogą być cennym źródłem składników mineralnych, cukrów, flawonoidów oraz witaminy C. Największą zawartością składników oznaczonych w suchej masie charakteryzowały się owoce porzeczki czarnej ‘Ruben’ (470,41 g/kg s.m.). Zawierały one istotnie najwięcej fosforu (2,96 g/kg s.m.), magnezu (685,87 mg/kg s.m.), siarki (647,30 mg/kg s.m.) i polifenoli ogółem (17,09 g/kg s.m.). Gromadziły one również wielokrotnie więcej witaminy C (204,96 mg/100 g s.m.) niż owoce porzeczki czerwonej (40,73 mg/100 g s.m.) i białej (32,02 mg/100 g s.m.). W badaniach stwierdzono, że mniejsze owoce porzeczki czarnej charakteryzowały się większą zawartością witaminy C niż owoce większe.

**Słowa kluczowe:** owoce porzeczki, składniki mineralne, cukry, polifenole, witamina C

### Wprowadzenie

Porzeczka jest krzewem owocowym z rodzaju *Ribes* rosnącym w Europie, Azji, Ameryce Północnej oraz w Australii i Nowej Zelandii [18]. Według danych FAOSTAT [4] światowa produkcja porzeczki wykazuje tendencję wzrostową i w roku 2013 wynosiła ok. 707 tys. ton. Polska jest drugim po Rosji światowym producentem tych owoców. W roku 2013 porzeczki uprawiano w Polsce na obszarze prawie 46 tys.

---

Dr inż. G. Jurgiel-Malecka, mgr inż. A. Buchwał, Zakład Chemii, Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska, Wydz. Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin. Kontakt: grazyna.jurgiel-malecka@zut.edu.pl

ha, a ich plon wynosił 198 tys. ton. Porzeczki są łatwe w uprawie i dobrze plonują. Zależnie od odmiany, wieku plantacji, sposobu uprawy i warunków meteorologicznych plony wynoszą od kilku do kilkunastu t/ha [6, 20, 23]. W Polsce porzeczka występuje w trzech gatunkach charakteryzujących się różną barwą i smakiem owoców: porzeczka czarna (*Ribes nigrum* L.), porzeczka czerwona (*Ribes rubrum* L.) i porzeczka biała (*Ribes niveum* L.). Niezależnie od barwy porzeczki należą do grupy bardzo wartościowych owoców o wielu cechach prozdrowotnych. Zawierają łatwo przyswajalne cukry proste (glukozę i fruktozę), witaminy (C, P, E, PP, K i prowitaminę A), cenne kwasy organiczne (cytrynowy, jabłkowy, maleinowy, winowy) oraz pektyny, flawonoidy w tym antocyjany [1, 2, 8, 15]. Są bogatym źródłem makro- i mikrośladników, takich jak: wapń, potas, magnez, fosfor, siarka, żelazo, miedź, cynk i mangan [3, 7, 15]. Dzięki bogatemu składowi owoce porzeczki wykazują wielorakie działanie prozdrowotne. Stosuje się je w profilaktyce chorób reumatycznych, przy braku łaknienia, nadciśnieniu, kamicy moczowej, miażdżycy naczyń, chorobach serca, obrzękach i chorobach skórnych [8, 17, 18]. Zawarte w owocach porzeczki flawonoidy obniżają ryzyko zachorowalności na choroby nowotworowe [9, 10, 13]. Owoce porzeczki mogą być spożywane na surowo, jako mrożone, suszone, ale także przetwarzane na soki, dżemy, galaretki, wina czy nalewki. Jak podaje Fischbach [5], z owoców spożywanych na surowo konsumenci preferują bardziej słodkie odmiany białe i czerwone o długich gronach. Obserwowany w ostatnim czasie wzrost świadomości na temat zdrowego żywienia pozwala sądzić, że preferencje te ulegną zmianie i konsument przy wyborze owoców porzeczki będzie się kierował nie tylko ich wyglądem czy smakiem, ale także wiedzą o wartości odżywczej i prozdrowotnej.

W literaturze przedmiotu omawiana jest problematyka dotycząca składu chemicznego owoców porzeczki czarnej i czerwonej, natomiast brak jest danych o owocach porzeczki białej.

Celem pracy było porównanie składu chemicznego owoców porzeczki czarnej, czerwonej i białej (*Ribes* L.) uprawianej w regionie Pomorza Zachodniego.

### **Materiał i metody badań**

Materiałem doświadczalnym były owoce zbierane z czteroletnich krzewów trzech gatunków porzeczki: czarnej (*Ribes nigrum* L.) – odmiana ‘Ruben’, czerwonej (*Ribes rubrum* L.) – odmiana ‘Rovanda’ i białej (*Ribes niveum* L.) – odmiana ‘Biała z Juteborg’ uprawianej w miejscowości Stolec (53°33’N, 14°18’E) w regionie Pomorza Zachodniego. Krzewy badanych odmian rosły w rozstawie 2,0 × 1,5 m na glebie lekkiej (piasek gliniasty lekki) o pH 5,87 ÷ 6,28. Wyniki analizy gleby z warstwy ornej (0 ÷ 20 cm) pobranej przed posadzeniem krzewów przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Zawartość ogólna składników w glebie z warstwy ornej (0 ÷ 20 cm) przed posadzeniem krzewów porzeczek

Table 1. Total content of components in soil with topsoil (0 ÷ 20 cm) before planting shrubs

Składnik / Component										
Substancja organiczna Organic matter	N	Ca	Fe	P	K	Mg	Zn	Mn	Cu	S
[g/kg s.m.] / [g/kg d.m.]				[mg/kg s.m.] / [mg/kg d.m.]						
53,35	1,35	1,26	4,35	106,1	125,9	117,4	57,4	209,6	9,56	140,8

Wiosną 2015 roku krzewy nawożono saletrą amonową ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) w dawce 70 kg N/ha. W okresie wegetacji roślin wykonywano standardowe zabiegi pielęgnacyjne: odchwaszczanie międzyrzędzi i podlewanie krzewów (tylko w czasie braku opadów atmosferycznych). Wspólna lokalizacja i jednakowy system uprawy badanych odmian eliminowały wpływ tych czynników na skład chemiczny owoców. Owoce wszystkich odmian zebrano w fazie dojrzałości konsumpcyjnej równocześnie na początku lipca 2015 roku.

Próbki do analizy pobierano zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami dotyczącymi badań laboratoryjnych [12]. Suchą masę oznaczano metodą suszarkową w temp. 105 °C [12]. W świeżej masie owoców oznaczano zawartość witaminy C metodą Tillmansa [19]. Pozostałe oznaczenia chemiczne wykonywano w suchej masie owoców. W celu otrzymania suszu z każdej odmiany porzeczeki pobierano 1 kg owoców, które suszono 24 h w temp. 40 °C w suszarce nawiewnej firmy MERA LUMEL (Polska). Susz mielono w młynku firmy Agrolab (Polska). Oznaczenia zawartości cukrów redukujących i ogółem wykonywano w wyciągu wodnym metodą Luffa-Schoorla [12]. Zawartość polifenoli ogółem oznaczano metodą spektrofotometryczną z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a [21]. Do ekstrakcji próbek stosowano 80-procentowy alkohol metylowy, a wyniki wyrażano w przeliczeniu na kwas galusowy (GAE).

Zawartość wybranych składników mineralnych w badanym materiale oznaczano po wcześniejszym zmineralizowaniu próbek „na mokro” w stężonym kwasie siarkowym(VI) z dodatkiem  $\text{H}_2\text{O}_2$  lub w mieszaninie (3 : 1) stężonych kwasów: azotowego(V) i chlorowego(VII).

W roztworach pochodzących z mineralizacji próbek w kwasie siarkowym(VI) z dodatkiem  $\text{H}_2\text{O}_2$  oznaczano zawartość:

- azotu – metodą Kjeldahla [12],
- potasu, magnezu i wapnia – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej [12] przy użyciu spektrometru SOLAAR AA (Thermo Scientific, USA).

W roztworach pochodzących z mineralizacji w mieszaninie kwasu azotowego(V) i chlorowego(VII) oznaczano zawartość:

- fosforu – metodą Bartona, przy długości fali  $\lambda = 470$  nm [12] przy użyciu spektrofotometru Marcel s 330 PRO (Marcel, Polska),
- siarki – metodą turbidymetryczną, przy długości fali  $\lambda = 490$  nm przy użyciu spektrofotometru Marcel s 330 PRO,
- żelaza, cynku, miedzi i manganu – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej [12] przy użyciu spektrometru SOLAAR AA.

Wyniki badań opracowano statystycznie w programie Statistica 10, korzystając z jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA oraz analizy regresji liniowej. Istotność różnic między wartościami średnimi wyróżników chemicznych owoców badanych odmian porzeczek weryfikowano testem Newmana-Keulsa na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

### Wyniki i dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań składu owoców porzeczek czarnej – odmiana ‘Ruben’, czerwonej – odmiana ‘Rovanda’ i białej – odmiana ‘Biała z Juteborg’ wykazano różnice statystycznie istotne między odmianami pod względem zawartości oznaczonych składników (tab. 2). Różnice stwierdzone w składzie chemicznym owoców wynikały z cech odmianowych, gdyż krzewy porzeczek miały wspólną lokalizację i jednakowy sposób uprawy, co eliminowało wpływ tych czynników na wyniki badań.

Największą zawartością suchej masy charakteryzowały się owoce porzeczek białej ‘Biała z Juteborg’ – 16,69 g/100 g ś.m., a najmniejszą - owoce porzeczek czerwonej ‘Rovanda’ – 13,92 g/100 g ś.m. Nour i wsp. [15] w trzech odmianach porzeczek czerwonej uprawianych na terenie Rumunii uzyskali niewiele wyższe wyniki. Według tych autorów zawartość suchej masy kształtowała się, zależnie od odmiany, w zakresie 15,12 ÷ 17,54 g/100 g ś.m. W badaniach własnych zawartość suchej masy w owocach porzeczek czarnej ‘Ruben’ wynosiła 15,03 g/100 g ś.m. Wielkość ta koresponduje z wynikami Bieńka i wsp. [2], którzy w owocach czternastu odmian porzeczek czarnej wykazali średnią zawartość suchej masy w zakresie 14,96 ÷ 17,54 g/100 g ś.m.

Owoce porzeczek czarnej ‘Ruben’ i białej ‘Biała z Juteborg’ charakteryzowały się większą zawartością makroskładników ogółem (odpowiednio [g/kg s.m.]: 24,73 i 24,82) w porównaniu z owocami porzeczek czerwonej ‘Rovanda’ (22,94 g/kg s.m.). Owoce porzeczek białej zawierały najwięcej wapnia i potasu (odpowiednio [g/kg s.m.]: 1,32 i 11,90, tj. 8,2 i 4,7 % powyżej średniej). Najmniej wapnia zgromadziły owoce porzeczek czarnej (1,14 g/kg s.m., tj. 6,6 % poniżej średniej), a potasu – owoce porzeczek czerwonej (10,64 g/kg s.m., tj. 6,4 % poniżej średniej). Owoce tej odmiany zawierały również najmniej fosforu (2,22 g/kg s.m., tj. 15,9 % poniżej średniej). Największą zawartość fosforu stwierdzono w owocach porzeczek czarnej (2,96 g/kg s.m., tj. 12,1 % powyżej średniej). Owoce badanych odmian nie różniły się istotnie pod

Tabela 2. Skład chemiczny owoców trzech gatunków porzeczki

Table 2. Chemical composition of three currant species

Składnik Component	Porzeczka / Currant			$\bar{x}$
	Czarna / Black*	Czerwona / Red**	Biała / White***	
Sucha masa [g/100 g ś.m.] Dry matter [g/100 g f.m.]	15,03 <sup>B</sup> ± 0,23	13,92 <sup>C</sup> ± 0,20	16,69 <sup>A</sup> ± 0,22	15,21
Makroskładniki [g/kg s.m.] Macro-components [g/kg d.m.]				
Ca	1,14 <sup>C</sup> ± 0,02	1,21 <sup>B</sup> ± 0,03	1,32 <sup>A</sup> ± 0,02	1,22
K	11,58 <sup>A</sup> ± 0,45	10,64 <sup>B</sup> ± 0,23	11,90 <sup>A</sup> ± 0,13	11,37
P	2,96 <sup>A</sup> ± 0,08	2,22 <sup>C</sup> ± 0,03	2,73 <sup>B</sup> ± 0,12	2,64
N	9,05 <sup>A</sup> ± 0,16	8,87 <sup>A</sup> ± 0,23	8,87 <sup>A</sup> ± 0,18	8,93
Ogółem / Total	24,73	22,94	24,82	24,16
Mikroskładniki [mg/kg s.m.] Micro-components [mg/kg d.m.]				
Mg	685,9 <sup>A</sup> ± 21,4	640,9 <sup>B</sup> ± 14,8	595,8 <sup>C</sup> ± 16,4	640,8
S	647,3 <sup>A</sup> ± 33,3	458,7 <sup>B</sup> ± 11,5	425,4 <sup>B</sup> ± 13,8	510,5
Fe	42,62 <sup>C</sup> ± 1,21	63,41 <sup>B</sup> ± 1,40	67,99 <sup>A</sup> ± 2,25	58,01
Zn	5,24 <sup>B</sup> ± 0,08	4,67 <sup>C</sup> ± 0,05	10,34 <sup>A</sup> ± 0,12	6,75
Cu	2,73 <sup>A</sup> ± 0,03	2,63 <sup>A</sup> ± 0,06	2,81 <sup>A</sup> ± 0,23	2,72
Mn	4,46 <sup>C</sup> ± 0,13	5,65 <sup>B</sup> ± 0,12	7,08 <sup>A</sup> ± 0,31	5,73
Ogółem / Total	1388,25	1175,96	1109,42	1224,54
Cukry redukujące [g/kg s.m.] Reducing sugars [g/kg d.m.]	380,7 <sup>A</sup> ± 13,0	387,8 <sup>A</sup> ± 2,8	322,8 <sup>B</sup> ± 3,1	363,8
Cukry ogółem [g/kg s.m.] Total sugars [g/kg d.m.]	427,2 <sup>A</sup> ± 13,7	420,3 <sup>A</sup> ± 15,0	324,4 <sup>B</sup> ± 5,9	390,6
Polifenole ogółem [g/kg s.m.] Total polyphenol [g/kg d.m.]	17,09 <sup>A</sup> ± 0,26	5,87 <sup>B</sup> ± 0,06	4,01 <sup>C</sup> ± 0,08	8,99
Suma składników [g/kg s.m.] Total of components [g/kg d.m.]	470,41	450,28	354,34	425,00
Witamina C [mg/100 g ś.m.] Vitamin C [mg/100 g f.m.]	204,96 <sup>A</sup> ± 1,1	40,73 <sup>B</sup> ± 0,23	32,02 <sup>C</sup> ± 0,31	92,57

Objaśnienia / Explanatory notes:

\*odmiana 'Ruben' / 'Ruben' cultivar; \*\*odmiana 'Rovanda' / 'Rovanda' cultivar; \*\*\*odmiana 'Biała z Juteborg' / 'Biała z Juteborg' cultivar.

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations; n = 3; A, B, C – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / mean values in rows and denoted by different letters differ statistically significantly ( $p \leq 0,05$ ).

względem zawartości azotu, tworzyły grupę jednorodną, w której średnia zawartość azotu wynosiła 8,93 g/kg s.m. Nour i wsp. [15] oraz Cosmulescu i wsp. [3] podają wyniki swoich badań w odniesieniu do masy 100 g świeżych owoców, dlatego w niniejszej pracy wyniki te przeliczono z uwzględnieniem zawartości suchej masy (oznaczonej przez wymienionych autorów). Przeliczone zawartości wapnia i potasu w czarnej i czerwonej porzeczce dobrze korespondują z wynikami badań własnych. W trzech odmianach porzeczki czerwonej Cosmulescu i wsp. [3] oznaczyli 1,30 ÷ 1,86 g Ca/kg

s.m. i  $10,73 \div 13,49$  g K/kg s.m., a w ośmiu odmianach porzeczki czarnej –  $1,11 \div 3,33$  g Ca/kg s.m. i  $8,26 \div 13,83$  g K/kg s.m.). Nour i wsp. [15] oraz Hegedűs i wsp. [7] wskazują na większą zawartość wapnia i potasu w owocach porzeczki czerwonej i czarnej. Natomiast Hegedűs i wsp. [7] określili poziom fosforu w odmianach porzeczki czarnej ‘Otelo’ i ‘Titania’, który wynosił odpowiednio: 3,58 i 2,43 g/kg s.m. i był zbliżony do zawartości tego pierwiastka w odmianie ‘Ruben’ (2,96 g/kg s.m.), analizowanej w niniejszej pracy.

Największą sumaryczną zawartością mikrośladników charakteryzowały się owoce porzeczki czarnej ‘Ruben’. Owoce tej odmiany zawierały najwięcej magnezu i siarki (odpowiednio [mg/kg s.m.]: 685,9 i 647, tj. 7,03 i 26,80 % powyżej średniej). Najmniej tych pierwiastków stwierdzono w owocach porzeczki białej ‘Biała z Juteborg’ (odpowiednio: 595,8 mg Mg/kg s.m. i 425,4 mg S/kg s.m., tj. 7,03 i 16,66 % poniżej średniej). Oznaczona w badanych owocach zawartość magnezu była zbliżona do wartości podanych przez Młodeckiego i Piekarskiego [14] (w porzeczce czerwonej – średnio 800 mg/kg s.m, a w porzeczce czarnej – średnio 1000 mg/kg s.m.). Prace innych autorów dotyczące składu chemicznego owoców porzeczki czarnej i czerwonej [3, 7, 15] wskazują na większą zawartość magnezu (powyżej 1000 mg/kg s.m.). W literaturze przedmiotu brak jest danych dotyczących zawartości siarki.

Owoce porzeczki białej charakteryzowały się istotnie największą zawartością żelaza, cynku i manganu (odpowiednio [mg/kg s.m.]: 67,99, 10,34. i 7,08). Najmniej żelaza i manganu stwierdzono w owocach porzeczki czarnej (odpowiednio [mg/kg s.m.]: 42,62 i 4,46), a cynku – w owocach porzeczki czerwonej (4,67 mg/kg s.m.). Było to 1,6 raza mniej żelaza i manganu oraz 2,2 raza mniej cynku niż w owocach porzeczki białej. Owoce badanych odmian nie różniły się istotnie pod względem zawartości zgromadzonej miedzi i tworzyły grupę jednorodną o średniej zawartości 2,72 mg/kg s.m. Wyniki badań innych autorów [3, 7, 14, 15] dotyczące składu chemicznego owoców porzeczki czarnej i czerwonej wskazują na podobny poziom kumulacji żelaza, manganu i cynku oraz wyższy – miedzi.

Owoce porzeczki czarnej ‘Ruben’ i czerwonej ‘Rovanda’ nie różniły się istotnie pod względem zawartości cukrów redukujących, jak i cukrów ogółem. W owocach obu tych odmian średnia zawartość cukrów redukujących i cukrów ogółem wynosiła odpowiednio [g/kg s.m]: 384,2 i 423,7 i była istotnie większa od ilości tych cukrów w owocach porzeczki białej ‘Biała z Juteborg’ (odpowiednio o 15,99 i 23,44 %). Oznaczona zawartość cukrów redukujących była tylko o kilka procent mniejsza od zawartości cukrów ogółem, co wskazuje, że w owocach porzeczki dominują cukry proste z wolną, zdolną do reagowania grupą aldehydową. Oznaczone średnie zawartości cukrów redukujących i ogółem w owocach czarnej i czerwonej porzeczki są zgodne z wcześniejszymi doniesieniami innych autorów [2, 13, 15]. Autorzy Ci wskazują na duże zróżnicowanie owoców porzeczki pod względem ilości zgromadzonych cukrów

ogółem w zależności od odmiany, warunków atmosferycznych i miejsca uprawy. Mikulic-Petkovsek i wsp. [13] wykazali, że ich średnia zawartość w czarnej i czerwonej porzeczce wynosiła odpowiednio [g/kg s.m.]: 287 i 254. Natomiast średnia zawartość cukrów ogółem w owocach ośmiu odmian porzeczki czarnej i trzech – czerwonej, które analizowali Nour i wsp. [15], była znacznie większa i wynosiła odpowiednio [g/kg s.m.]: 622 i 536.

Największą zawartością polifenoli ogółem charakteryzowały się owoce porzeczki czarnej ‘Ruben’ (17,09 g/kg s.m.). Zawartość polifenoli ogółem w owocach porzeczki czerwonej ‘Rovanda’ była trzy, a w białej ‘Biała z Juteborg’ – cztery razy mniejsza i wynosiła odpowiednio [g/kg s.m.]: 5,87 i 4,01. Podobną zależność, wskazującą na duże różnice zawartości polifenoli w różnobarwnych (białych, czerwonych i czarnych) owocach stwierdzili Koss-Mikołajczyk i wsp. [11]. Zawartość polifenoli ogółem w owocach zależy od wielu czynników (odmiany, warunków klimatycznych, sposobu uprawy), jak również od zastosowanej metody oznaczania, stąd w literaturze przedmiotu pojawiają się wielkości znacznie różniące się między sobą. Według Szajdek i Borowskiej [22] zawartość polifenoli ogółem w porzeczce czarnej i czerwonej wynosiła odpowiednio [g/kg s.m.]: 40,9 i 13,0. Mikulic-Petkovsek i wsp. [13] podają znacznie mniejsze wartości: 6,35 g/kg s.m. w porzeczce czarnej i 3,64 g/kg s.m. w porzeczce czerwonej, a Wojdyło i wsp. [24] określili ich ilość zależnie od sposobu uprawy w zakresie 1,40 ÷ 2,25 g/kg s.m. w porzeczce czarnej i 0,14 ÷ 0,33 g/kg s.m. w porzeczce czerwonej.

Najwięcej witaminy C zawierały owoce porzeczki czarnej – średnio 204,96 mg/100 g ś.m. Zawartość witaminy C była wielokrotnie większa niż w owocach porzeczki czerwonej i białej, które zawierały jej odpowiednio [mg/100 g ś.m.]: 40,73 i 32,02. Stwierdzone ilości witaminy C korespondują z wynikami, które uzyskali Nour i wsp. [15] w owocach odmian porzeczki czarnej (161,58 ÷ 284,46 mg/100 g ś.m.) i czerwonej (23,23 ÷ 44,62 mg/100g ś.m.), rosnących na terenie Rumunii. Zawartość witaminy C w owocach odmiany ‘Ruben’ była bliska ilości tej witaminy oznaczonej w innych odmianach porzeczki czarnej uprawianej na terenie Polski [2, 6, 16].

Podczas badań dotyczących zawartości witaminy C w owocach porzeczki czarnej, która, w przeciwieństwie do porzeczki czerwonej i białej, na tym samym krzewie może mieć owoce znacznie różniące się rozmiarem stwierdzono, że pochodzące z tego samego krzewu owoce mniejsze (o mniejszej średnicy) zawierały więcej witaminy C niż owoce większe (tab. 3). Obserwowany efekt jest zgodny z wcześniejszymi wynikami badań Ochmiana i wsp. [16], którzy porównali jakość owoców trzech odmian czarnej porzeczki i stwierdzili, że we wszystkich badanych odmianach owoce większe charakteryzowały się mniejszą: jędrnością, kwasowością ogólną i zawartością witaminy C.

Tabela 3. Zawartość witaminy C w owocach porzeczki czarnej odmiany 'Ruben' w zależności od średnicy owoców

Table 3. Content of vitamin C in fruits of 'Ruben' blackcurrant cultivar depending on fruit diameter

Średnica owoców Fruit diameter [mm]	12	15	17
Zawartość witaminy C [mg/100 g ś.m.] Content of vitamin C [mg/100 g f.m.]	268,4 <sup>A</sup> ± 13,7	224,7 <sup>B</sup> ± 6,4	189,8 <sup>C</sup> ± 3,3

Objaśnienia / Explanatory notes:

n = 6; Pozostałe objaśnienia jak pod tab. 2. / Other explanatory notes as in Tab. 2.

W niniejszej pracy podjęto próbę wyjaśnienia tego zjawiska. Przy tej samej naważce owoce mniejsze charakteryzują się większą powierzchnią niż owoce większe, dlatego oznaczona w nich większa zawartość witaminy C sugerowałaby, że witamina ta znajduje się w samej skórcie lub tuż pod skórka. Celem potwierdzenia powyższej hipotezy oznaczono zawartość witaminy C w owocach czarnej porzeczki o znanej średnicy (tab. 3) i przeprowadzono następujące rozumowanie:

dane dotyczące owoców dużych oznaczono indeksem 1, małych – indeksem 2, a masę pojedynczego owocu –  $m^*$ . Jednakową masę  $m = m_1 = m_2$  otrzyma się przy różnych liczbach owoców dużych i małych, odpowiednio:  $n_1$  i  $n_2$ , czyli:

$$n_1 \times m_1^* = n_2 \times m_2^* \quad (1)$$

Ponieważ masa danego ciała jest iloczynem jego gęstości  $\rho$  i objętości  $V$ , więc:

$$n_1 \times \rho_1 \times V_1 = n_2 \times \rho_2 \times V_2 \quad (2)$$

Założono, że  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ , a owoce są kulkami o średnicach  $d_1$  i  $d_2$ .

Wówczas:

$$n_1 \times \rho \times \frac{\pi \times d_1^3}{6} = n_2 \times \rho \times \frac{\pi \times d_2^3}{6} \quad (3)$$

$$n_1 \times d_1^3 = n_2 \times d_2^3 \quad (4)$$

a po przekształceniu:

$$\frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^3 \quad (5)$$

Sumaryczne powierzchnie  $S$  owoców dużych i małych tworzących masę  $m$  są różne:

$$S_1 = n_1 \times \pi \times d_1^2 \quad (6)$$

$$S_2 = n_2 \times \pi \times d_2^2 \quad (7)$$

Jeżeli witamina C jest skoncentrowana w warstwie powierzchniowej owocu, to jej całkowita zawartość  $W$  w masie owoców  $m$  będzie równa:

$$W_1 = k \times S_1 = k \times n_1 \times \pi \times d_1^2 \quad (8)$$



$$W_2 = k \times S_2 = k \times n_2 \times \Pi \times d_2^2 \quad (9)$$

gdzie  $k$  oznacza zawartość witaminy C w jednostce powierzchni owocu.

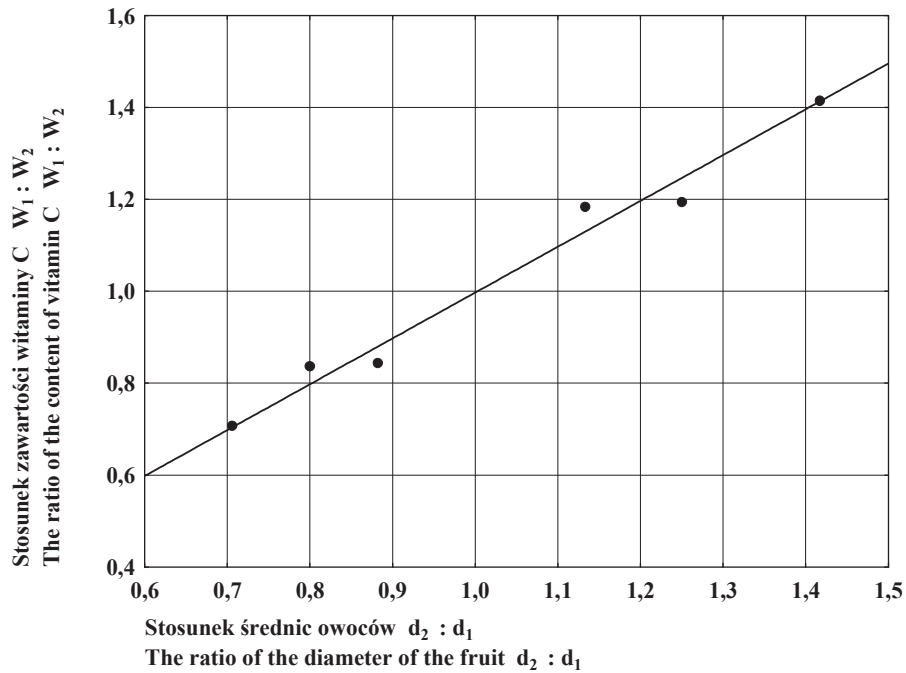
Po podzieleniu równania (8) i (9) stronami otrzymuje się:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{n_1 \times d_1^2}{n_2 \times d_2^2} \quad (10)$$

Korzystając z równania (5), powyższą zależność można przedstawić w postaci:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (11)$$

Z przeprowadzonego wywodu wynika, że zawartość witaminy C w tej samej masie owoców porzeczki czarnej o różnych średnicach jest odwrotnie proporcjonalna do średnic tych owoców.



Rys. 1. Zależność pomiędzy stosunkiem średnic owoców porzeczki czarnej a stosunkiem zawartości w nich witaminy C

Fig. 1. Correlation between black current fruit diameter ratio and vitamin C content ratio in black currant fruits

Dane doświadczalne (tab. 3) opracowano w programie Statistica 10 według modelu funkcji liniowej typu  $y = a \times X$ , odpowiadającej równaniu (11) i przedstawiono na rys. 1. Wyznaczona postać równania:

$$\frac{w_1}{w_2} = 0,997094 \times \frac{d_2}{d_1} \quad (12)$$

charakteryzuje się wysokim współczynnikiem determinacji  $R^2 = 0,97$ , świadczącym o dobrym dopasowaniu i dużej przydatności zaproponowanego modelu.

### Wnioski

1. Owoce badanych odmian porzeczki czarnej, czerwonej i białej mogą być cennym źródłem składników mineralnych, cukrów, flawonoidów oraz witaminy C.
2. Największą zawartością ogólną oznaczanych składników charakteryzowały się owoce porzeczki czarnej 'Ruben'. Zawierały one istotnie najwięcej fosforu, magnezu i siarki oraz wielokrotnie więcej polifenoli ogółem i witaminy C w porównaniu z owocami porzeczki czerwonej 'Rovanda' i białej 'Biała z Juteborg'.
3. Mniejsze owoce porzeczki czarnej odmiany 'Ruben' charakteryzowały się większą zawartością witaminy C niż owoce większe.

*Badania wykonano w ramach tematu „Wpływ barwy na prozdrowotną wartość owoców porzeczki (Ribes L.)” z Utrzymania Potencjału Badawczego 518-07-057-3176-05/18.*

### Literatura

- [1] Ambrożewicz E., Skrzydlewska E.: Antyoksydacyjne właściwości czarnej porzeczki. *Far. Przegl. Nauk.*, 2009, **10**, 30-34.
- [2] Bieniek A., Kopytowski J., Piłat B.: Wartość odżywcza owoców ukraińskich i litewskich odmian porzeczki czarnej w porównaniu z odmianą Titania. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 2009, **536**, 33-43.
- [3] Cosmulescu S., Trandafir I., Nour V.: Mineral composition of fruit in black and red currant. *South Wes. J. Hortic. Biol. Environ.*, 2015, **1 (6)**, 43-51.
- [4] FAOSTAT: The Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database, 2016. [on line]. Dostęp w Internecie [15.09.2016]: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- [5] Fischbach J.: Yield, fruit chemistry, and consumer preference of red and white currants in Bayfield. *WI. Res. Bull.*, 2014, **28**, 1-6.
- [6] Grajkowski J., Ochmian I., Skupień K., Chelpiński P., Mikiciuk G.: Wpływ dwóch wysokości cięcia odnawiającego porzeczki czarnej odmiany 'Titania' na wzrost, jakość plonu oraz skład chemiczny owoców. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricultura*, 2004, **242 (98)**, 57-62.
- [7] Hegedűs A., Balogh E., Engel R., Sipos B.Z., Papp J., Blázovics A., Stefanovits-Bányai E.: Comparative nutrient element and antioxidant characterization of berry fruit species and cultivars grown in Hungary. *Hort. Science*, 2008, **6 (43)**, 1711-1715.
- [8] Karabela M.: Czarna porzeczka. *Panacea*, 2008, **1 (22)**, 30-31.

- [9] Kazimierczak R., Hallmann E., Rembiałowska E.: Zawartość antyoksydantów w wybranych odmianach czarnych porzeczek pochodzących z różnych upraw w kontekście profilaktyki prozdrowotnej. *Postępy Tech. Przetw. Spoż.*, 2008, **2**, 26-32.
- [10] Klepacka A.: Przeciwneglikacyjne właściwości ekstraktów roślinnych bogatych w polifenole. *Post. Fitoter.*, 2013, **2**, 127-131.
- [11] Koss-Mikołajczyk I., Kusznierewicz B., Bartoszek A.: Comparison of the content of phenolic compounds and antioxidant activity of white, red and black currants (*Ribes sp.*) extracts. *Cam. Sep.*, 2014, **1 (6)**, 5-10.
- [12] Krełowska-Kułas M.: *Badanie jakości produktów spożywczych*. Wyd. PWE, Warszawa 1993.
- [13] Mikulic-Petkovsek M., Schmitzer V., Slatnar A., Stampar F., Veberic R.: Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *J. Food Sci.*, 2012, **10 (77)**, 1064-1070.
- [14] Młodecki L., Piekarski L.: *Zagadnienia zdrowotne żywności*. PZWL, Warszawa 1982, ss. 134.
- [15] Nour V., Trasindafir I., Ionica M.E.: Ascorbic acid, anthocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. *Fruits*, 2011, **5 (66)**, 353-362.
- [16] Ochmian I., Dobrowolska A., Strzelecki R., Kozos K.: Porównanie jakości owoców trzech odmian porzeczki czarnej (*Ribes nigrum* L.) w zależności od wielkości owoców. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech.*, 2013, **304 (26)**, 97-106.
- [17] Ożarowski A., Jaroniewski W.: *Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie*. Wyd. Inst. Wyd. Związków Zawodowych, Warszawa 1987, ss 306-307.
- [18] Pluta S.: *Porzeczki czarne i kolorowe*. Wyd. Hortpress Sp. z o.o. i Hortus Media Sp. z o.o., Warszawa 2013, ss.7-27.
- [19] PN-A-04019:1998. *Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C*.
- [20] Rymuza K., Grużewska A., Brzozowski P., Majchrowski K.: Rachunek opłacalności uprawy czarnej porzeczki przy różnym poziomie plonów i cen. *Zesz. Nauk. Rol.*, 2011, **4 (98)**, 77-84.
- [21] Stuper-Szablewska K., Ostrowska A., Góral T., Matysiak A., Perkowski J.: Porównanie aktywności przeciwutleniającej różnych odmian pszenicy ozimej naturalnie porażonej i inokulowanej grzybami z rodzaju *Fusarium*. *Biul. IHAR.*, 2015, **276**, 9-18.
- [22] Szajdek A., Borkowska J.: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **4 (41) Supl.**, 5-28.
- [23] Werner T.: Krzewy jagodowe – nowe odmiany. *Hasło Ogród.*, 2006, **8**, 86-89.
- [24] Wojdyło A., Oszmiański J., Milczarek M., Wietrzyk J.: Phenolic profile, antioxidant and antiproliferative activity of black and red currants (*Ribes ssp.*) from organic and conventional cultivation. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 2013, **48**, 715-725.

#### PROFILE OF CHEMICAL COMPOSITION OF CURRANT FRUITS GROWN IN WESTERN POMERANIA REGION

##### S u m m a r y

Currant fruits belong to a group of fruits showing a high nutritional value and beneficial biological activity. The objective of the research study was to compare the chemical composition and to determine the properties of three currant fruit species: 'Ruben' (*Ribes nigrum* L.) black currant cv., 'Rovanda' (*Ribes rubrum* L.) red currant cv., and 'Biała z Juteborg' (*Ribes niveum* L.) white currant cv.; all of them were cultivated in the Western Pomerania region and harvested when they were ripe and ready for consumption. They were picked from 4-year old shrubs in 2015. In the fruits, there were determined the contents of: macro- and micronutrients (N, P, K, Ca and Mg, S, Fe, Zn, Cu, and Mn), reducing and total sugars, total

polyphenols, and vitamin C. It was found that the fruits of the currant species studied could be a valuable source of mineral components, sugars, flavonoids, and vitamin C. The 'Ruben' black currant fruits were characterized by the highest content of components assayed in dry matter (470.41 g/kg DM). They contained the significantly highest content of phosphorus (2.96 g/kg DM), magnesium (685.87 mg/kg DM), sulphur (647.30 mg/kg DM), and total polyphenols (17.09 g/kg DM). They also accumulated several times more vitamin C (204.96 mg/100 g of FM.) than the red currant (40.73 mg/100 g FM) and white currant (32.02 mg/100 g FM) fruits. Based on the analyses performed, it was reported that the smaller fruits of black currant contained more vitamin C than the bigger fruits.

**Key words:** currant fruits, mineral components, sugars, polyphenols, vitamin C 