

IWONA ŚCIBISZ, MARTA MITEK

## AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA I ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W SUSZACH Z OWOCÓW BORÓWKI WYSOKIEJ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

### Streszczenie

W pracy określono wpływ obróbki wstępnej oraz procesu suszenia na zawartość związków polifenolowych oraz pojemność przeciwutleniającą owoców borówki wysokiej odmiany Bluecrop. Owoce świeże i poddane obróbce wstępnej (mrożone, blanszowane, odwadniane osmotycznie w czasie 2, 4 i 6 godzin) suszono metodą konwekcyjną. Procesy odwadniania osmotycznego owoców oraz blanszowania spowodowały istotne zmniejszenie zawartości polifenoli ogółem oraz antocyjanów w owocach. Otrzymane wyniki wskazują, że skrócenie czasu odwadniania do 2 godz. minimalizuje straty antocyjanów zawartych w owocach borówki. Podczas suszenia świeżych owoców stwierdzono 39% straty zawartości polifenoli ogółem oraz zmniejszenie pojemności przeciwutleniającej o 41%. Mimo, że obróbka wstępna owoców (odwadnianie osmotyczne, blanszowanie) oraz suszenie owoców powodowało wysokie straty zawartości badanych związków przeciwutleniających, otrzymane susze borówkowe charakteryzowały się pojemnością przeciwutleniającą wynoszącą od 68,1 do 102,3  $\mu\text{M}$  Troloxu/g.

**Słowa kluczowe:** pojemność przeciwutleniająca, borówka wysoka, susze, antocyjany

### Wprowadzenie

Borówka wysoka, potocznie nazywana borówką amerykańską, jest jedną z najmłodszych roślin sadowniczych uprawianych w Polsce. Zainteresowanie konsumentów tymi owocami sprawiło, że przez ostatnie dziesięć lat znacznie wzrosła liczba nasadzeń borówki i obecnie nasz kraj zajmuje drugie miejsce w uprawie tego gatunku w Europie [9]. Należy przypuszczać, że już wkrótce mogą stać się one cennym surowcem przemysłowym, przetwarzanym także na susze. Owoce borówki wyróżniają się bardzo wysoką aktywnością przeciwutleniającą oraz bogatym składem antocyjanów [11]. Podczas procesu suszenia może następować znaczące zmniejszenie zawartości związków o charakterze przeciwutleniającym zawartych w owocach [4].

Celem pracy było określenie wpływu procesu suszenia na aktywność przeciwutleniającą oraz zawartość związków polifenolowych w owocach borówki wysokiej. Zbadano także, jaki wpływ na właściwości przeciwutleniające suszów mają zróżnicowane metody obróbki wstępnej poprzedzające proces suszenia, takie jak: mrożenie, blanszowanie i odwadnianie osmotyczne.

### **Materiał i metody badań**

Surowcem stosowanym do produkcji suszu były owoce borówki wysokiej odmiany Bluecrop pochodzące z gospodarstwa sadowniczego w Piskórcie, oddalonego 15 km od Warszawy. Zbiór dokonano 10 sierpnia 2003 r. Przed procesem suszenia owoce poddawano zabiegom wstępnym polegającym na ich zamrożeniu, blanszowaniu oraz odwodnieniu osmotycznemu w roztworze sacharozy w ciągu 2, 4 i 6 godz.

Owoce mrożone - świeże owoce borówki zamrażano w temp.  $-35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  i składowano w tych warunkach przez 12-16 godz. Przed przystąpieniem do procesu suszenia owoce rozmrażano na powietrzu w temp.  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , w ciągu około 1,5 godz.

Owoce blanszowane - świeże owoce borówki blanszowano w wodzie o temp.  $95^{\circ}\text{C}$  przez 2 min. Po zakończeniu procesu blanszowania owoce osuszano na bibule filtracyjnej

Owoce odwadniane osmotycznie - borówki zamrażano w temp.  $-35^{\circ}\text{C}$ , a po 12-16 godz. rozmrażano na powietrzu w temp.  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , po czym zanurzano w roztworze sacharozy o stężeniu 65%. Stosunek masy owoców do syropu wynosił 1:4. Proces odwadniania osmotycznego prowadzono w temp.  $20^{\circ}\text{C}$ , w ciągu 2, 4 i 6 godz. W czasie procesu odwadniania roztwór odwadniający był co 30 min mieszany w celu wyrównania stężenia syropu. Po upływie zadanego czasu odwadniania osmotycznego owoce oddzielano od roztworu osmotycznego i zanurzano na 10 s do wody destylowanej, a następnie delikatnie osuszano na bibule filtracyjnej.

Świeże owoce borówek oraz po obróbce wstępnej (mrożone, blanszowane oraz odwadniane osmotycznie) poddawano suszeniu w suszarce laboratoryjnej. Owoce suszono w pojedynczej warstwie w temp.  $70^{\circ}\text{C}$  przez 10 godz. Prędkość przepływu powietrza wynosiła 1,0 m/s. Po zakończonym procesie otrzymane produkty chłodzono do temperatury pokojowej. Zdecydowano się zastosować jednakowe warunki suszenia we wszystkich badanych wariantach, aby mieć możliwość porównania wpływu metod wstępnej obróbki surowca na straty związków przeciwutleniających w otrzymanych suszach.

W owocach świeżych, po zabiegach wstępnych, oraz w otrzymanych suszach oznaczano zawartość polifenoli ogółem [6], antocyjanów ogółem [10] oraz zawartość poszczególnych glikozydów antocyjanowych metodą HPLC, a także aktywność przeciwutleniającą metodą z rodnikami ABTS<sup>+</sup> [5]. Oznaczenie zawartości suchej masy wykonywano metodą wagową. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji. Istotność różnic określono za pomocą testu Tukey'a przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Właściwy proces suszenia poprzedzono wstępną obróbką owoców, która polegała na ich zamrożeniu, blanszowaniu oraz odwadnianiu osmotycznym. Zabiegi te, za wyjątkiem mrożenia, spowodowały zmniejszenie zawartości polifenoli ogółem w owocach borówki wysokiej (tab. 1). Najmniejszą zawartość polifenoli ogółem stwierdzono w owocach po procesie odwadniania osmotycznego prowadzonego w ciągu 6 godz. Również owoce poddane zabiegowi blanszowania charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartością polifenoli ogółem w porównaniu z owocami świeżymi. Porównując uzyskane wyniki stwierdzono, że proces blanszowania owoców borówki wysokiej powodował 10% straty polifenoli ogółem. Podczas procesu osmotycznego odwadniania owoców zawartość polifenoli zmniejszyła się od 11%, podczas odwadniania 2-godzinnego owoców, do 19%, podczas odwadniania 6-godzinnego.

Świeże owoce borówki wysokiej stanowiące próbę odniesienia, a także po obróbce wstępnej poddano procesowi suszenia metodą konwekcyjną. Proces suszenia konwekcyjnego spowodował wysokie straty zawartości polifenoli ogółem. Największą zawartością polifenoli ogółem charakteryzowały się susze kontrolne, otrzymane z owoców świeżych. Nie obserwowano istotnych różnic między suszem kontrolnym a suszem otrzymanym z mrożonych owoców. Zawartość polifenoli w pozostałych badanych suszach była istotnie mniejsza w porównaniu z suszami z owoców świeżych. Najmniejszą zawartością polifenoli ogółem charakteryzowały się susze z owoców poddanych procesowi odwadniania osmotycznego w ciągu 6 godz. Suszenie owoców świeżych, stanowiących próbę kontrolną, powodowało spadek zawartości polifenoli ogółem o 39%. Podobne straty polifenoli zaobserwowano przy suszeniu owoców mrożonych. Większy spadek zawartości polifenoli ogółem, dochodzący do 55%, stwierdzono podczas suszenia owoców odwadnianych osmotycznie. Podobne do uzyskanych w niniejszej pracy straty zawartości związków fenolowych podczas suszenia metodą konwekcyjną owoców borówki czernicy otrzymali Borowska i wsp. [1].

Zawartość antocyjanów ogółem w owocach borówki wysokiej zmniejszyła się podczas blanszowania oraz odwadniania osmotycznego, natomiast nie uległa istotnym zmianom podczas zamrażania owoców (tab. 1). W owocach borówki wysokiej odwadnianych osmotycznie stwierdzono najmniejszą zawartość antocyjanów ogółem. Oceniając uzyskane wyniki stwierdzono, że zabieg odwadniania osmotycznego spowodował wysokie straty antocyjanów, tym większe, im dłużej trwał proces. Największy, ponad 35% spadek zawartości antocyjanów obserwowano podczas odwadniania osmotycznego prowadzonego w ciągu 6 godz. Straty antocyjanów obserwowano również podczas zabiegu blanszowania owoców borówki. Pewien wpływ na zmniejszenie zawartości antocyjanów ogółem podczas blanszowania owoców mogła mieć wysoka temperatura procesu. Wydaje się jednak, że podobnie jak miało to miejsce podczas odwadniania osmotycznego, największe znaczenie miał tu proces migracji

Tabela 1

Zawartość polifenoli ogółem, antocyjanów ogółem oraz pojemność przeciwutleniająca owoców świeżych, owoców po obróbce wstępnej oraz suszów otrzymanych z owoców borówki wysokiej.

Total phenolics, total anthocyanins contents and antioxidant capacity in fresh, pretreatment and dried highbush blueberries.

Produkty Products			Polifenole ogółem Total phenolics		Antocyjany ogółem Total anthocyanins		Pojemność przeciwutleniająca Antioxidant capacity	
			[mg/100g]	[mg/g s.m.] [mg/g d.m.]	[mg/100g]	[mg/g s.m.] [mg/g d.m.]	[ $\mu$ M Troloxu/g]	[ $\mu$ M Trolox eq/g d.m.]
Owoce świeże / Fresh fruits			427,8	25,46d	137,6	8,19d	33,5	199,4d
Owoce mrożone / Frozen fruits			427,5	25,45d	139,4	8,30d	32,7	194,6d
Owoce blanszowane / Blanching fruits			387,5	23,48c	117,1	7,10c	29,1	176,4c
Owoce odwadniane osmotycznie Osmo-dehydrated fruits	Czas odwadniania [godz.] Contact times [h]	2	388,3	22,58abc	101,5	5,90b	25,4	147,7b
		4	372,8	21,55ab	95,1	5,50ab	24,3	140,5ab
		6	358,4	20,72a	90,0	5,20a	22,7	131,2a
Suszy z owoców świeżych Dried of fresh fruits			1325,2	15,25d	201,7	2,32e	102,3	117,7d
Suszy z owoców mrożonych Dried of frozen fruits			1300,6	14,95cd	189,4	2,17e	99,7	114,6d
Suszy z owoców blanszowanych Dried of blanching fruits			1236,5	14,20c	158,1	1,81c	90,6	104,0c
Suszy z owoców odwadnianych osmotycznie Dried of osmo-dehydrated fruits	Czas odwadniania [godz.] Contact Times [h]	2	993,5	11,26b	80,4	0,91b	74,1	84,0b
		4	987,0	11,10ab	68,2	0,77a	70,9	79,8ab
		6	956,6	10,70a	61,5	0,69a	68,1	76,2a

Wartości średnie oznaczone tą samą literą w kolumnach nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  / Mean values in column followed by the same letter are not statistically significantly different at level ( $\alpha = 0,05$ ).

barwników z owoców do wody lub roztworu odwadniającego. Podobne, jak w niniejszej pracy, 20% straty zawartości antocyjanów podczas 3-godzinnego odwadniania osmotycznego owoców borówek obserwowali Stojanovic i Silva [9]. Natomiast zdecydowanie niższe, jedynie 6% zmniejszenie zawartości antocyjanów podczas 2-godzinnego odwadniania wiśni stwierdzili Forni i wsp. [3].

Proces suszenia konwekcyjnego, w którym obok działania wysokiej temperatury następuje silne napowietrzanie surowca, spowodował bardzo duże zmniejszenie zawartości barwników antocyjanowych. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic zawartości antocyjanów ogółem pomiędzy suszami z owoców świeżych a otrzymanymi z owoców mrożonych. W porównaniu z suszem z owoców świeżych statystycznie istotnie niższą zawartość antocyjanów ogółem stwierdzono w suszach z owoców blanszowanych i odwadnianych osmotycznie. Wykazano jednak, że susze otrzymane z owoców po zabiegu blanszowania zawierają prawie dwukrotnie większą zawartość antocyjanów ogółem niż susze z owoców odwadnianych osmotycznie.

Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że straty antocyjanów wywołane procesem suszenia świeżych owoców borówki wysokiej wynosiły 69%. Dla porównania, mniejsze straty antocyjanów (41%) podczas suszenia owoców borówki wysokiej otrzymali Lohachoompol i wsp. [4]. Autorzy cytowanych badań zastosowali jednak prawie o połowę krótszy czas suszenia owoców. Bardzo wysokie straty antocyjanów (85%) podczas suszenia śliwek obserwowali z kolei Piga i wsp. [7].

Straty antocyjanów podczas suszenia owoców blanszowanych oraz mrożonych nie różniły się od tych, jakie wystąpiły w próbie owoców świeżych. Świadczy to o tym, że na mniejszą zawartość antocyjanów w suszach otrzymanych z owoców blanszowanych wpłynął sam zabieg blanszowania, natomiast proces suszenia spowodował straty zawartości antocyjanów, podobne jak w próbie kontrolnej. Odmienne zależności obserwowano podczas suszenia owoców odwadnianych osmotycznie. Suszenie owoców odwadnianych osmotycznie spowodowało zmniejszenie zawartości antocyjanów ogółem o ponad 85%. Zabieg odwadniania osmotycznego wpłynął istotnie na zwiększenie stopnia degradacji antocyjanów podczas procesu suszenia. Obserwowane straty barwników antocyjanowych podczas suszenia owoców odwadnianych osmotycznie wynikają prawdopodobnie z niekorzystnego oddziaływania na antocyjany produktów degradacji cukrów, takich jak furfural czy hydroksymetylofurfural. Badania Lohachoompol i wsp.[4] wykazały również, że zawartość antocyjanów w suszonych owocach borówki wysokiej poddawanych osmotycznemu odwodnieniu wynosiła 3,7 mg/g s.s, podczas gdy bez tej obróbki 4,3 mg/g s.s.

W celu dokładniejszego zbadania zmian zawartości poszczególnych związków antocyjanowych podczas procesu suszenia wykonano ich analizę chromatograficzną zarówno w owocach po obróbce wstępnej, jak i w otrzymanych suszach (tab. 2). Stwierdzono, że podczas procesu odwadniania osmotycznego nastąpiły większe straty pochodnych malwidyny w porównaniu z pozostałymi badanymi antocyjanami. Wykazano, że w wyniku odwadniania osmotycznego owoców zawartość malwidyno-3-galaktozydu zmalała o 53%, natomiast zawartość delfinidyno-3-galaktozydu obniżyła się jedynie o 33%. Obserwowane większe straty pochodnych malwidyny spowodowały, że owoce po odwodnieniu charakteryzowały się innym udziałem

procentowym poszczególnych antocyjanów w porównaniu z owocami świeżymi i mrożonymi. Przykładowo, udział procentowy malwidyno-3-galaktozydu w mrożonych owocach wynosił 22%, a w owocach po 2 godz. odwodnienia osmotycznego jedynie 18%. Duże straty zawartości glikozydów malwidyny wystąpiły także podczas procesu blanszowania.

Proces suszenia nie spowodował istotnego zróżnicowania stopnia degradacji poszczególnych antocyjanów (tab. 2). Udział procentowy poszczególnych glikozydów antocyjanowych w suszach był zbliżony do tego, jaki obserwowano w użytym surowcu, np. procentowy udział malwidyno-3-galaktozydu w świeżych owocach był identyczny jak w otrzymanych suszach kontrolnych i wynosił 24%. Podobne wyniki podczas suszenia owoców winogron otrzymali Borsa i Stefano [2].

Podczas zabiegów wstępnych, takich jak blanszowanie oraz odwadnianie osmotyczne obserwowano obniżanie się pojemności przeciwutleniającej owoców borówki wysokiej (tab. 1). Najniższą pojemność przeciwutleniającą stwierdzono w owocach odwadnianych osmotycznie w ciągu 4 i 6 godz. W porównaniu z próbą kontrolną istotnie niższą pojemność przeciwutleniającą stwierdzono również w owocach po procesie blanszowania. Spośród zastosowanych w pracy zabiegów obróbki wstępnej jedynie zamrażanie owoców borówki wysokiej nie powodowało statystycznie istotnych zmian pojemności przeciwutleniającej. Zarówno proces blanszowania, jak i odwadniania osmotycznego, powodowały wysokie straty pojemności przeciwutleniającej owoców. Ma to związek z wykazanymi wcześniej stratami związków polifenolowych, w tym antocyjanów. Należy przypuszczać, że przyczyną obserwowanych strat pojemności przeciwutleniającej podczas odwadniania osmotycznego była przede wszystkim migracja związków polifenolowych do czynnika odwadniającego oraz jednoczesny wzrost zawartości sacharozy w owocach.

Podczas suszenia owoców borówki wysokiej obserwowano dalsze obniżanie się pojemności przeciwutleniającej. Susze otrzymane z owoców niepoddanych żadnym zabiegom wstępnym (próby kontrolne) były doskonałym źródłem substancji przeciwutleniających, a ich pojemność wynosiła 117,7  $\mu\text{M}$  Troloxu/g s.m. Bardzo zbliżoną pojemnością przeciwutleniającą cechowały się susze otrzymane z owoców mrożonych. Najniższą pojemnością przeciwutleniającą charakteryzowały się susze otrzymane z owoców odwadnianych osmotycznie w ciągu 6 godz.

Tabela 2

Zawartość oraz udział procentowy poszczególnych antocyjanów w owocach świeżych i po obróbce wstępnej oraz w suszach otrzymanych z owoców borówki wysokiej.  
Contents and percentage contribution of individual anthocyanins in fresh, pretreatment and dried highbush blueberries.

Produkty Products			Antocyjany HPLC Anthocyanins HPLC														Ogółem Total	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Owoce świeże Fresh fruits		[mg/100 g]	25,6	14,8	23,9	8,7	4,0	10,4	7,9	4,8	3,8	0,7	0,7	0,6	0,3	0,9	107,1	
		[%]	24	14	22	8	4	10	7	4	4	1	1	1	0	1	100	
Owoce mrożone Frozen fruits		[mg/100 g]	25,0	14,9	23,9	10,6	5,6	11,0	7,5	4,9	5,5	0,9	0,7	0,9	0,4	0,8	112,6	
		[%]	22	13	21	9	5	10	7	4	5	1	1	1	0	1	100	
Owoce blanszowane Blanching fruits		[mg/100 g]	15,7	9,9	16,6	7,9	3,9	9,5	7,4	4,6	3,6	0,7	0,7	0,6	0,3	0,9	82,2	
		[%]	19	12	20	10	5	12	9	6	4	1	1	1	0	1	100	
Owoce odwadnianie osmotycznie Osmo-dehydrated fruits	Czas odwadniania [godz.] Contact Times [h]	2	[mg/100 g]	11,2	7,3	11,9	6,2	2,9	7,9	6,4	3,7	3,6	0,6	0,5	0,7	0,2	0,7	63,8
			[%]	18	11	19	10	5	12	10	6	6	1	1	1	0	1	100
		4	[mg/100 g]	9,2	5,8	8,7	5,2	2,2	6,3	6,2	3,2	2,6	0,6	0,6	0,4	0,2	0,6	51,8
			[%]	18	11	17	10	4	12	12	6	5	1	1	1	0	1	100
		6	[mg/100 g]	8,8	6,0	9,4	6,5	2,9	7,5	6,5	3,9	3,2	0,6	0,6	0,5	0,3	0,8	57,5
			[%]	15	10	16	11	5	13	11	7	6	1	1	1	1	1	100
Susz z owoców świeżych Dried of fresh fruits		[mg/100 g]	38,3	24,5	34,5	15,6	5,7	14,1	9,4	6,8	7,1	1,1	0,9	1,2	0,4	1,3	160,9	
		[%]	24	15	21	10	4	9	6	4	4	1	1	1	0	1	100	
Susz z owoców mrożonych Dried of frozen fruits		[mg/100 g]	37,1	23,7	35,5	14,1	6,2	14,0	8,4	7,5	7,6	1,3	1,0	1,2	0,5	1,1	159,2	
		[%]	23	15	22	9	4	9	5	5	5	1	1	1	0	1	100	
Susz z owoców blanszowanych Dried of blanching fruits		[mg/100 g]	26,9	17,8	25,9	11,8	4,9	15,1	11,9	6,9	6,1	0,9	1,0	0,8	0,4	1,2	131,6	
		[%]	20	14	20	9	4	11	9	5	5	1	1	1	0	1	100	
Susz z owoców odwadnianych osmotycznie Dried of osmo- dehydrated fruits	Czas odwadniania [godz.] Contact Times [h]	2	[mg/100 g]	11,2	7,3	11,9	6,2	2,9	7,9	6,4	3,7	3,6	0,6	0,5	0,7	0,2	0,7	63,8
			[%]	18	11	19	10	5	12	10	6	6	1	1	1	0	1	100
		4	[mg/100 g]	9,2	5,8	8,7	5,2	2,2	6,3	6,2	3,2	2,6	0,6	0,6	0,4	0,2	0,6	51,8
			[%]	18	11	17	10	4	12	12	6	5	1	1	1	0	1	100
		6	[mg/100 g]	7,7	5,4	7,6	4,9	1,9	5,9	5,3	3,7	3,1	0,4	0,5	0,5	0,2	0,6	47,7
			[%]	16	11	16	10	4	12	11	8	6	1	1	1	0	1	100

Objaśnienia:

1 - malwidyno-3-galaktozyd, 2 - malwidyno-3-glukozyd, 3 - malwidyno-3-arabinozyd, 4 - delfinidyno-3-galaktozy, 5 - delfinidyno-3-glukozyd, 6 - delfinidyno-3-arabinozy, 7 - petunidyno-3-galaktozyd 8 - petunidyno-3-glukozyd, 9 - petunidyno-3-arabinozy, 10 - cyjanidyno-3-galaktozyd, 11 - cyjanidyno-3-glukozyd, 12 - cyjanidyno-3-arabinozyd, 13 - peonidyno-3-galaktozy 14 - peonidyno-3-glukozyd.

Explanatory notes:

1 - malvidin-3-galactoside, 2 - malvidin-3-glucoside, 3 - malvidin-3-arabinoside, 4 - delphinidin-3-galactoside, 5 - delphinidin-3-glucoside, 6 - delphinidin-3-arabinoside, 7 - petunidin-3-galactoside, 8 - petunidin-3-glucoside, 9 - petunidin-3-arabinoside, 10 - cyanidin-3-galactoside 11 - cyanidin-3-glucoside, 12 - cyanidin-3-arabinoside, 13 - peonidin-3-galactoside, 14 - peonidin-3-glucoside.

Podsumowując uzyskane wyniki badań należy stwierdzić, że proces suszenia świeżych owoców borówki wysokiej spowodował straty pojemności przeciwutleniającej wynoszące 41%. Obserwowane obniżenie aktywności przeciwutleniającej owoców borówek podczas ich suszenia związane było z wykazanim wcześniej zmniejszeniem zawartości związków polifenolowych. Podczas suszenia owoców poddanych wstępnie odwadnianiu osmotycznemu wystąpiły większe straty zawartości polifenoli i antocyjanów ogółem niż w przypadku suszenia owoców



świeżych. Na uwagę zasługuje fakt, że pomimo stwierdzonych różnic zawartości polifenoli, w obu przypadkach obserwowany spadek pojemności przeciwutleniającej był bardzo zbliżony. Należy przypuszczać, że wynika to z możliwości powstawania w czasie suszenia owoców odwadnianych osmotycznie nowych związków o właściwościach przeciwutleniających, które niwelowały ubytek naturalnych antyoksydantów borówek. Związkami tymi mogły być produkty karmelizacji cukrów i reakcji Maillarda – furfural i hydroksymetylofurfural, którym z jednej strony przypisuje się właściwości przeciwutleniające, z drugiej zaś, destrukcyjny wpływ na antocyjany. Podwyższenie aktywności przeciwutleniającej suszonych śliwek obserwowali także Ping i wsp. [7]. Autorzy ci wykazali, że aktywność przeciwutleniająca suszów śliwkowych była ponad dwukrotnie wyższa w porównaniu z użytym surowcem, przy czym, podobnie jak w niniejszej pracy, zjawisku temu towarzyszył wysoki spadek zawartości antocyjanów i rutyny.

### Wnioski

1. Susze otrzymane z owoców borówki wysokiej charakteryzują się wysoką pojemnością przeciwutleniającą wynoszącą od 68,1 do 102,3  $\mu\text{M}$  Troloxu/g suszu.
2. Proces suszenia świeżych owoców powodował 41% straty pojemności przeciwutleniającej oraz dużą degradację związków polifenolowych, zwłaszcza barwników antocyjanowych.
3. Obróbka wstępna owoców przed procesem suszenia, polegająca na blanszowaniu lub odwadnianiu osmotycznym powodowała obniżenie pojemności przeciwutleniającej owoców. Przy zachowaniu tych samych parametrów suszenia, susze otrzymane z owoców świeżych charakteryzowały się istotnie wyższą pojemnością przeciwutleniającą w porównaniu z suszami otrzymanymi z owoców blanszowanych i odwadnianych osmotycznie.
4. Podczas procesu blanszowania oraz odwadniania osmotycznego najmniej stabilnymi barwnikami antocyjanowymi borówki wysokiej były pochodne malwidyny.

*Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004-2006 jako projekt badawczy nr 2P06T05826; była prezentowana na XI Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Warszawa, 24–25 maja 2006.*

### Literatura

- [1] Borowska J., Zadernowski R., Markowski M., Białobrzewski I.: Wykorzystanie owoców krzewów mniej znanych w produkcji suszu. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol, 1999, **46**, 301-309.
- [2] Borsa D., Stefano R.: Evoluzione dei polifenoli durante l'appassimento di uve a frutto Colorado. Rivista di Viticoltura e di Enologia, 2000, **53**, 4, 25-35.



- [3] Forni E., Polesello A., Torreggiani D.: Changes in anthocyanins in cherries (*Prunus avium*) during osmodehydration, pasterization and storage. *Food Chem.*, 1993, **48**, 295-299.
- [4] Lohachoompol V., Srzednicki G., Craske J.: The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. *J. Biomed. Biotechnol.*, 2004, **5**, 248-252.
- [5] Miller N. J., Rice-Evans C.: Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox Report*, 1996, **2**, 3, 161-171.
- [6] Peri C., Pompei G.: An assay different phenolic fraction in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1971, **22**, 2, 55-58.
- [7] Piga A., Caro A., Corda G.: From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 3675-3681.
- [8] Stojanovic J., Silva J. L.: Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, color and chemical properties of rabbiteye blueberries. *Food Chem.*, 2006, **98**, 7, 8452-8457.
- [9] Strik B.: Blueberry: an expanding world berry crop. *Chronica Horticulturae*, 2005, **45**, 1, 7-12.
- [10] Swain T., Hillis W. E.: The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.*, 1959, **10**, 1, 63-68.
- [11] Zheng W., Wang S.: Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries and lingonberries. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 502-509.

#### ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHENOLICS COMPOUND CAPACITY IN DRIED HIGHBUSH BLUEBERRIES (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

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

In this study the effect of pretreatment and drying on the phenolics, anthocyanins contents and antioxidant capacity of highbush blueberries (cv. Bluecrop) was evaluated. Fresh and pretreated fruits (frozen, blanching, osmotic dehydrated) were dehydrated using air-drying method. Osmotic dehydrated and blanching fruits had significantly reduced total phenolics and anthocyanins contents as compared with fresh and frozen berries. The results showed that osmotic dehydration for a short time of up to 2 h minimized losses of the anthocyanins content in the blueberries. During air-dehydration a fresh blueberries were lost 39% phenolics content and 41% decrease of antioxidant capacity. Although pretreatment (osmotic concentration and blanching) and air dehydration influenced loss of antioxidant content, the dehydrated blueberries were high antioxidant capacity ranged from 68.1 to 102.3  $\mu\text{M}$  Trolox eq/g.

**Key words:** antioxidant capacity, highbush blueberries, dried fruits, anthocyanins 