

IWONA ŚCIBISZ, MARTA MITEK

**AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCA I ZAWARTOŚĆ
ZWIĄZKÓW FENOLOWYCH W DŻEMACH OTRZYMANYCH
Z OWOCÓW BORÓWKI WYSOKIEJ (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*)
ORAZ ICH ZMIANY PODCZAS PRZECHOWYWANIA**

Streszczenie

Celem pracy było określenie aktywności przeciwutleniającej oraz zawartości składników kształtujących tę aktywność, tj. polifenoli ogółem i antocyjanów, w dżemach otrzymanych z owoców borówki wysokiej. Ponadto zbadano wpływ warunków i czasu przechowywania na zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym w uzyskanych dżemach.

Badaniami objęto trzy rodzaje dżemów: niskosłodzony o ekstrakcie 38%, niskosłodzony z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego o ekstrakcie 38% oraz dżem wysokosłodzony o ekstrakcie 65%. Otrzymane dżemy przechowywano w temp. 6 i 22°C bez dostępu światła przez okres 6 miesięcy. Część analityczna obejmowała charakterystykę podstawowego składu chemicznego owoców i dżemów. Ponadto w otrzymanych przetworach po 2, 4 i 6 miesiącach przechowywania oznaczono aktywność przeciwutleniającą z rodnikami ABTS oraz zawartość polifenoli ogółem i antocyjanów.

Dżemy otrzymane z owoców borówki wysokiej charakteryzowały się wysoką aktywnością przeciwutleniającą w zakresie od 17,2 do 20,3 μM Troloxu/g produktu. Podczas procesu technologicznego, w dżemach z borówki wysokiej następował spadek zawartości polifenoli, w tym także antocyjanów, co wpłynęło na obniżenie aktywności przeciwutleniającej badanych produktów. Najwyższe, prawie 50-procentowe straty obserwowano w przypadku antocyjanów. Przechowywanie dżemów przez okres 6 miesięcy spowodowało spadek aktywności przeciwutleniającej o 33 do 63%, w zależności od rodzaju dżemu i temperatury przechowywania. Najmniejszy spadek zawartości barwników antocyjanowych podczas przechowywania obserwowano w dżemach wysokosłodzonych, co może wynikać ze stabilizującego działania wyższych stężeń cukru.

Słowa kluczowe: aktywność przeciwutleniająca, polifenole, antocyjany, borówka wysoka, dżem, przechowywanie

Wprowadzenie

Zasobnym źródłem naturalnych przeciwutleniaczy są owoce jagodowe, w tym także borówka wysoka, zwana potocznie amerykańską [18, 24, 25]. Owoce te, uznawane w naszym kraju za typowo deserowe, ze względu na stale powiększający się areal ich uprawy, mogą już niedługo stać się doskonałym surowcem dla przemysłu. Jednym z możliwych kierunków przerobowych tych owoców jest produkcja dżemów [23]. Właściwości przeciwutleniające owoców borówek ulegać mogą znacznemu zmniejszeniu podczas przetwarzania i przechowywania produktów, co wynika głównie z przemian związków polifenolowych, zwłaszcza antocyjanów [11, 12]. Dotychczas w Polsce nie prowadzono badań nad stabilnością związków przeciwutleniających owoców borówki wysokiej podczas ich przetwarzania oraz przechowywania uzyskanych przetworów.

Celem pracy było określenie aktywności przeciwutleniającej oraz zawartości składników kształtujących tę aktywność, tj. polifenoli, w tym antocyjanów, w dżemach otrzymanych z owoców borówki wysokiej. Ponadto zbadano wpływ warunków i czasu przechowywania na zawartość związków o charakterze przeciwutleniającym w uzyskanych produktach.

Materiał i metody badań

Do produkcji dżemów użyto owoców borówki wysokiej odmiany Bluecrop, pochodzących z Gospodarstwa Sadowniczego w Piskórcie koło Prażmowa. Zbioru dokonano 10 sierpnia 2003 roku. Zagęszczony sok jabłkowy otrzymano od producenta soków, z jabłek pochodzących z rejonu Grójca. Część technologiczna obejmowała opracowanie receptury i wyprodukowanie trzech rodzajów dżemów: niskosłodzonego o ekstrakcie 38%, niskosłodzonego z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego o ekstrakcie 38% oraz dżemu wysokosłodzonego o ekstrakcie 65%. Dżemy wyprodukowano w warunkach laboratoryjnych według receptury podanej w tab. 1. Odważone owoce wraz z cukrem, częścią wody i ewentualnie zagęszczonym koncentratem jabłkowym (o ekstrakcie 64% i kwasowości 2,6 g kwasu cytrynowego/100 g) gotowano w naczyniu otwartym przez 20 min, w temp. 98–100°C do momentu wysycenia borówek cukrem. Następnie dodawano uprzednio przygotowany roztwór substancji żelujących, całość dokładnie mieszano i gotowano przez kolejne 10 min. Jako substancje żelujące stosowano pektynę niskometylowaną LM 102 (dżemy niskosłodzone) oraz pektynę wysokometylowaną WE 5 (dżem wysokosłodzony). Pod koniec procesu dodawano kwas cytrynowy. Po wymieszanii masy dżemowej rozlewano ją do szklanych słoików o pojemności 0,2 l. Otrzymane dżemy poddawano pasteryzacji w temp. 95°C przez 20 min, po czym chłodzono je do

temp. pokojowej ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) Dżemy przechowywano w temp. $6 \pm 2^\circ\text{C}$ bez dostępu światła przez 6 miesięcy.

Tabela 1

Skład recepturowy surowców użytych do produkcji dżemów z owoców borówki wysokiej.
Prescription ingredients of raw materials used to manufacture highbush blueberry jams.

Rodzaj dżemu Type of jam	Składniki użyte do produkcji dżemów [g/1000 g dżemu] Ingredients [g/1000 g jam]						
	Owoce borówek Blueberries	Sacharoza Sucrose	Pektyna WE 5 Pectin WE 5	Pektyna LM 102 Pectin LM 102	Zagęszczony sok jabłkowy Apple concentrated	Kwas cytrynowy Citric acid	Woda Water
Niskosłodzony Low-sugar jam	480	300	–	7,0	–	8,0	205
Niskosłodzony z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego Low-sugar jam with concentrated apple juice added	480	65	–	7,0	380	–	68
Wysokosłodzony High sugar jam	445	542	5,0	–	–	8,0	–

Część analityczna obejmowała charakterystykę podstawowego składu chemicznego owoców oraz otrzymanych dżemów. Zawartość ekstraktu refraktometrycznego określano za pomocą refraktometru Abbego, kwasowość miareczkową oznaczano metodą potencjometryczną i wyrażano w procentach kwasu cytrynowego, a do oznaczenia zawartości cukrów bezpośrednio redukujących i sacharozy zastosowano metodę Luffa-Schoorla [4]. Ponadto w dżemach po 2, 4 i 6 miesiącach przechowywania oznaczano aktywność przeciwutleniającą z rodnikami ABTS, wytwarzanymi z syntetycznego substratu – kwasu 2,2'-azynobis(3-etylbentiazolino-6-sulfonowego) pod wpływem methemoglobiny aktywowanej przez nadtlenek wodoru [15] oraz zawartość polifenoli ogółem i antocyjanów. Zawartość polifenoli ogółem oznaczano metodą z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a, w której czynnikiem ekstrahującym był 75% wodny roztwór acetonu. Wyniki podano w przeliczeniu na kwas galusowy [16]. Antocyjany ogółem oznaczano metodą polegającą na określeniu różnicy absorbancji roztworów o pH 1 (forma oksoniowa) oraz pH 4,5 (forma pseudozasadowa) [6]. Wyniki podano w przeliczeniu na cyjanidyno-3-glukozyd.

Wyniki opracowano statystycznie przy użyciu trzyczynnikowej analizy wariancji. Do porównania średnich posłużono się testem Tukey`a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Podstawą do opracowania receptury dżemów był skład chemiczny owoców borówki wysokiej przedstawiony w tab. 2. Owoce odmiany Bluecrop charakteryzowały się wysokim ekstraktem refraktometrycznym wynoszącym 14,5%. Otrzymane wyniki są wyższe od zawartości ekstraktu tej odmiany owoców uprawianych w Niemczech w latach 1993–1997, wynoszącej od 12,3 do 13,9% [8]. Również w polskim piśmiennictwie podawana jest mniejsza zawartość ekstraktu w tej odmianie borówek, mieszcząca się w zakresie od 10,0 do 13,5% [13, 21]. Wyższa zawartość ekstraktu w badanych owocach wynika prawdopodobnie z warunków pogodowych (niewielkich opadów i wysokich temperatur) podczas dojrzewania owoców. Podstawowym składnikiem ekstraktu są cukry reprezentowane głównie przez glukozę i fruktozę oraz niewielkie ilości sacharozy [9]. Owoce jagodowe zawierają niewielką ilość sacharozy, podobnie jak badane w pracy owoce borówki, w których stanowi ona zaledwie 5% cukrów ogółem. Kwasowość miareczkowa owoców w przeliczeniu na kwas cytrynowy wynosiła 0,5%. Zawartość ta jest zbliżona do wyników podawanych przez Sapersa i wsp. [19] oraz Skupień [21]. Jednak badania prowadzone przez Lenartowicza i wsp. [13] wskazują na wyższą kwasowość owoców tej odmiany, wynoszącą 1,12–1,29. Rozbieżności te wynikają z różnego stopnia dojrzałości badanych owoców, gdyż podczas dojrzewania borówek następuje spadek zawartości kwasów organicznych. [14].

Owoce borówki wysokiej charakteryzują się wysoką aktywnością przeciwutleniającą, wyróżniającą je spośród innych owoców. Oznaczona w niniejszej pracy aktywność przeciwutleniająca owoców wynosiła 40,2 μM Troloxu/g. Według Prior i wsp. [18], aktywność owoców borówki wysokiej waha się od 17 do 43 μM Troloxu/g. Natomiast Kalt i wsp. [10] podają znacznie wyższe wartości, wynoszące nawet 60,1 μM Troloxu/g. Liczne badania dowodzą, że aktywność przeciwutleniająca borówek zależy od wielu czynników, takich jak: odmiana, wielkość owoców, warunki klimatyczne i agrotechniczne uprawy, warunki i czas przechowywania ich po zbiorze, a także stosowana metoda oznaczenia aktywności [3, 10, 12, 18]. Według Priora i wsp. [18] oraz Zhenga i Wanga [25], aktywność przeciwutleniająca owoców borówki wysokiej kształtowana jest głównie przez związki polifenolowe, a tylko w bardzo niewielkim stopniu przez witaminę C. Niewielka ilość tego składnika w otrzymanych dżemach spowodowała, że nie uwzględniono tego wyróżnika w omawianym doświadczeniu.

Ogólna zawartość polifenoli w owocach wynosiła 599,3 mg/100 g. Według Connor i wsp. [3], owoce odmiany Bluecrop charakteryzują się mniejszą zawartością polifenoli ogółem, wynoszącą w zależności od miejsca uprawy od 295 do 461 mg%. Również Ehlenfeldt i wsp. [5] uzyskali mniejszą zawartość polifenoli w owocach tej odmiany, wynoszącą 480 mg%. Uzyskane w pracy wyższe wartości mogą wynikać z zastosowania innej, w stosunku do wyżej wymienionych autorów, metody analitycznej.

Tabela 2

Podstawowy skład chemiczny owoców borówki wysokiej i dżemów z nich otrzymanych.
Basic chemical composition of the highbush blueberry fruits and jams manufactured from them.

Skład chemiczny Chemical composition	Owoce Fruits	Dżem niskosłodzony Low-sugar jam	Dżem niskosłodzony z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego Low-sugar jam with concentrated apple juice added	Dżem wysokosłodzo- ny High sugar jam
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Ekstrakt refraktometryczny Soluble solids [%]	14,5 ± 0,5	39,0 ± 0,5	41,0 ± 0,4	64,0 ± 0,5
Kwasowość miareczkowa Titration acidity [%]	0,5 ± 0,1	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,1 ± 0,1
pH	3,5 ± 0,2	2,8 ± 0,2	2,9 ± 0,1	2,8 ± 0,1
Cukry bezpośrednio redukujące Directly reducing saccharides [%]	13,7 ± 0,2	28,6 ± 0,3	30,9 ± 0,5	41,2 ± 0,4
Sacharoza Saccharose [%]	0,6 ± 0,1	9,0 ± 0,3	7,8 ± 0,1	19,1 ± 0,4
Aktywność przeciwutleniająca Antioxidant activity [μ M Troloxu/g]	40,2 ± 0,8	18,6 ± 0,4	20,3 ± 0,1	17,2 ± 0,3
Polifenole ogółem Total polyphenols [mg/100 g]	599,3 ±4,6	284,1 ± 3,1	356,5 ± 2,3	268,4 ± 1,5
Antocyjany ogółem Total anthocyanins [mg/100 g]	159,4 ±1,1	48,6 ± 0,8	37,9 ± 0,6	34,7 ± 0,5

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\bar{x} – wartość średnia / mean value; SD – odchylenie standardowe / standard deviation

Istotny wpływ na aktywność przeciwutleniającą owoców borówki wysokiej ma zawartość antocyjanów [18]. W badanych owocach wynosiła ona 159,4 mg%. Zawartość antocyjanów w borówkach w dużym stopniu zależy od wielkości owoców, gdyż barwniki te zlokalizowane są głównie w skórce [12]. W badaniach Lenartowicza i wsp. [13] zawartość antocyjanów w owocach odmiany Bluecrop była mniejsza i wynosiła 105 i 116 mg%, przy czym badane przez nich owoce były o kilkanaście procent większe od borówek będących surowcem w niniejszej pracy.

Charakterystykę podstawowego składu chemicznego dżemu niskosłodzonego z założonym ekstraktem 38%, dżemu z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego (ekstrakt 38%) oraz dżemu wysokosłodzonego (ekstrakt 65%) przedstawiono w tab. 2. Otrzymane dżemy charakteryzowały się wartościami ekstraktu i kwasowości bardzo zbliżonymi do danych założonych. Wartości te zawierają się także w granicach tolerancji proponowanych przez PN-94/A-75100 [17]. Zawartość cukrów w badanych dżemach była zróżnicowana w zależności od rodzaju dżemu, i wynikała z różnej ilości sacharozy w składzie recepturowym. Otrzymane produkty charakteryzowały się niską zawartością sacharozy, co prawdopodobnie spowodowane było jej hydrolizą do cukrów prostych w czasie produkcji dżemów.

Aktywność przeciwutleniająca dżemów kształtowała się w zależności od składu recepturowego od 17,2 do 20,3 μM Troloxu/g. Zastąpienie kwasu cytrynowego zagęszczonym sokiem jabłkowym wpłynęło na wzrost aktywności otrzymanego dżemu. Z przeprowadzonego bilansu owoców, uwzględniając straty technologiczne powstałe na skutek odparowania przede wszystkim wody podczas gotowania dżemów w kotle otwartym, obliczono, że straty aktywności przeciwutleniającej podczas produkcji dżemu niskosłodzonego wyniosły 8%, natomiast w przypadku dżemu wysokosłodzonego 9%.

Zawartość polifenoli ogółem w badanych dżemach mieściła się w zakresie od 268,4 do 356,5 mg%. Największą zawartością polifenoli charakteryzował się dżem niskosłodzony z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego, będącego dodatkowym, oprócz owoców borówki, źródłem związków polifenolowych. Proces produkcji dżemów spowodował nieznaczny spadek zawartości polifenoli wynoszący 4% w dżemie wysokosłodzonym i 6% w dżemie niskosłodzonym. Zbliżone wyniki otrzymali Amakura i wsp. [1], którzy stwierdzili około 10-procentowy spadek zawartości polifenoli podczas produkcji dżemów z owoców jagodowych.

Wysoka temperatura stosowana podczas gotowania dżemów oraz ich pasteryzacji spowodowały stosunkowo wysokie, bo sięgające 50%, straty barwników antocyjanowych. Otrzymane dżemy zawierały od 48,6 do 34,7 mg antocyjanów w 100 g produktu. Sapers i wsp. [20] wykazali, że proces gotowania dżemów z owoców borówki wysokiej powodował 10-procentowy spadek zawartości antocyjanów. Podobne wartości podczas produkcji dżemów z borówek uzyskali Amakura i wsp. [1].

Większą degradację antocyjanów, na poziomie 38%, zaobserwowali Garcia-Viguera i wsp. [7] podczas produkcji dżemów truskawkowych. Niższa degradacja antocyjanów stwierdzona przez innych autorów wynika z krótszego czasu gotowania dżemów w porównaniu z zastosowanym w niniejszej pracy. Zawartość antocyjanów w otrzymanym dżemie niskosłodzonym była o 20% większa niż w dżemie o takim samym wsadzie owocowym, ale z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego. Zagęszczony sok jabłkowy zawiera związki fenolowe łatwo ulegające utlenieniu (katechiny, pochodne floretyny, procyanidyny, kwas chlorogenowy), które mogły reagować z antocyjanami borówek, tworząc nierozpuszczalne polimery. Na taki kierunek przemian wskazują Sokół-Łętowska i wsp. [22], którzy w sokach jabłkowo-aroniowych stwierdzili większy przyrost spolimeryzowanych antocyjanów niż w samym soku aroniowym. Udział polimerów był tym większy, im większy był udział soku jabłkowego w próbkach.

Tabela 3

Wpływ temperatury i okresu przechowywania na aktywność przeciwutleniającą dżemów otrzymanych z owoców borówki wysokiej.

The effect of storage time and storage temperature on the antioxidant activity of jams manufactured from highbush blueberry fruits.

Rodzaj dżemu Type of jam	Aktywność przeciwutleniająca [μM Troloxu/g] Antioxidant activity [μM Trolox eq/g]							
	Okres przechowywania [miesiące] w temp. 6°C Storage duration [months] at 6°C				Okres przechowywania [miesiące] w temp. 22°C Storage duration [months] at 22°C			
	0	2	4	6	0	2	4	6
Dżem niskosłodzony Low-sugar jam	18,6	14,6	13,1	10,5	18,6	13,7	9,3	6,7
Dżem niskosłodzony z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego Low-sugar jam with concentrated apple juice added	20,3	17,4	15,6	13,0	20,3	16,7	14,2	9,3
Dżem wysokosłodzony High sugar jam	17,2	14,7	12,3	11,5	17,2	13,4	12,7	8,8

NIR_{0,05} rodzaj dżemu / temperatura i czas przechowywania = 0,41

LSD_{0,05} type of jam/time and temperature of storage = 0,41

NIR_{0,05} temperatura przechowywania / rodzaj dżemu i czas przechowywania = 0,34

LSD_{0,05} temperature of storage / type of jam and time of storage = 0,34

NIR_{0,05} czas przechowywania / rodzaj dżemu i temperatura przechowywania = 0,45

LSD_{0,05} time of storage / type of jam and temperature of storage = 0,45

W pracy określono także wpływ temperatury i czasu przechowywania na aktywność przeciwutleniającą otrzymanych dżemów (tab. 3). Na podstawie analizy statystycznej dowiedziono, że na aktywność przeciwutleniającą dżemów istotny wpływ miała zarówno temperatura oraz czas przechowywania, jak i rodzaj badanego dżemu. Produkty przechowywane przez 6 miesięcy w niższej temperaturze charakteryzowały się znacznie wyższymi aktywnościami (o 20–36%), w porównaniu z dżemami przechowywanymi w temp. pokojowej. Okres przechowywania wpłynął także na obniżenie aktywności przeciwutleniającej. Np. aktywność przeciwutleniająca dżemu niskosłodzonego przechowywanego w temp. 6°C przez 2 miesiące wynosiła 14,6 μM Troloxu/g, natomiast po 6 miesiącach tylko 10,5 μM Troloxu/g. Na aktywność przeciwutleniającą, niezależnie od czasu i temperatury przechowywania, wpływ miał także rodzaj dżemu. Najmniejszy spadek pojemności obserwowano podczas przechowywania dżemów wysokosłodzonych, co może wynikać ze stabilizującego działania wysokich stężeń cukru na składniki przeciwutleniające owoców borówek.

Tabela 4

Wpływ temperatury i okresu przechowywania na zawartość polifenoli ogółem w dżemach otrzymanych z owoców borówki wysokiej.

The effect of storage time and storage temperature on the content of total polyphenols in jams manufactured from highbush blueberry fruits.

Rodzaj dżemu Type of jam	Polifenole ogółem [mg/100 g] Total polyphenols [mg/100g]							
	Okres przechowywania [miesiące] w temp. 6°C Storage duration [months] at 6°C				Okres przechowywania [miesiące] w temp. 22°C Storage duration [months] at 22°C			
	0	2	4	6	0	2	4	6
Dżem niskosłodzony Low-sugar jam	284,1	265,2	258,3	244,9	284,1	260,4	229,8	209,2
Dżem niskosłodzony z dodatkiem zagęszczzonego soku jabłkowego Low-sugar jam with concentrated apple juice added	356,5	341,1	327,8	312,7	356,5	332,3	307,9	287,2
Dżem wysokosłodzony High sugar jam	268,4	260,6	255,4	242,7	268,4	255,6	238,9	212,7

NIR_{0,05} rodzaj dżemu / temperatura i czas przechowywania = 5,12

LSD_{0,05} type of jam/time and temperature of storage = 5,12

NIR_{0,05} temperatura przechowywania / rodzaj dżemu i czas przechowywania = 4,26

LSD_{0,05} temperature of storage / type of jam and time of storage = 4,26

NIR_{0,05} czas przechowywania / rodzaj dżemu i temperatura przechowywania = 5,64

LSD_{0,05} time of storage / type of jam and temperature of storage = 5,64

Podczas przechowywania dżemów nastąpił spadek zawartości polifenoli ogółem, na który wpływ miała temperatura i czas przechowywania oraz rodzaj dżemu (tab. 4). W dżemach przechowywanych przez 6 miesięcy nastąpił 10-26% spadek zawartości polifenoli w zależności od temperatury przechowywania. Składowanie dżemów w niższej temperaturze (6°C) spowodowało większe zachowanie związków polifenolowych. Według Chaovanalikit i wsp. [2], przechowywanie syropów wiśniowych w temp. 2 i 22°C przez 5 miesięcy nie wpływało istotnie na zawartość w nich polifenoli.

Tabela 5

Wpływ temperatury i okresu przechowywania na zawartość antocyjanów ogółem w dżemach z owoców borówki wysokiej.

The effect of storage time and storage temperature on the content of total anthocyanins in jams manufactured from highbush blueberry fruits.

Rodzaj dżemu Type of jam	Antocyjany [mg/100 g] Anthocyanins [mg/100 g]							
	Okres przechowywania [miesiące] w temp. 6°C Storage duration [months] at 6°C				Okres przechowywania (miesiące) w temp. 22°C Storage duration [months] at 22°C			
	0	2	4	6	0	2	4	6
Dżem niskosłodzony Low-sugar jam	48,6	44,3	42,7	38,1	48,6	38,9	30,8	27,6
Dżem niskosłodzony z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego Low-sugar jam with concentrated apple juice added	37,9	33,6	32,7	28,9	37,9	29,8	25,5	20,4
Dżem wysokosłodzony High sugar jam	34,7	32,9	32,2	30,2	34,7	30,1	27,8	25,1

NIR_{0,05} rodzaj dżemu / temperatura i czas przechowywania = 1,03

LSD_{0,05} type of jam /time and temperature of storage = 1,03

NIR_{0,05} temperatura przechowywania / rodzaj dżemu i czas przechowywania = 0,85

LSD_{0,05} temperature of storage / type of jam and time of storage = 0,85

NIR_{0,05} czas przechowywania / rodzaj dżemu i temperatura przechowywania = 1,13

LSD_{0,05} time of storage / type of jam and temperature of storage = 1,13

Zawartość barwników w dżemach podczas przechowywania ulegała stopniowemu zmniejszaniu (tab. 5). Temperatura przechowywania w istotny sposób wpływała na stopień redukcji antocyjanów. W dżemie niskosłodzonym z dodatkiem zagęszczonego soku jabłkowego zawartość antocyjanów po 6-miesięcznym przechowywaniu

zmniejszyła się o 24% w temp. 6°C, natomiast aż o 46%, przy składowaniu dżemu w temp. 22°C. W badaniach Garcia-Viguera [7] również obserwowano istotny wpływ temperatury przechowywania na zawartość antocyjanów w dżemach truskawkowych. Na stopień degradacji antocyjanów istotny wpływ miał skład recepturowy dżemów. Największą stabilnością charakteryzowały się barwniki w dżemie o dużym stężeniu cukru. Podobne zależności obserwowano podczas przechowywania antocyjanowych roztworów modelowych o różnych stężeniach sacharozy. Stwierdzono mianowicie zwiększenie trwałości antocyjanów w roztworach o dużym stężeniu sacharozy (65%) w porównaniu z próbkami bezcukrowymi oraz z niewielką zawartością cukru (13%) [23].

Wnioski

1. Dżemy otrzymane z owoców borówki wysokiej charakteryzowały się wysoką aktywnością przeciwutleniającą w zakresie od 17,2 do 20,3 μM Troloxu/g dżemu.
2. Zmniejszenie aktywności przeciwutleniającej owoców borówki wysokiej w czasie procesu technologicznego otrzymywania dżemów wynosiło około 10% i było podobne do strat zawartości polifenoli ogółem. Znacznie wyższą degradację, sięgającą 50%, obserwowano pod względem zawartości antocyjanów.
3. Zastąpienie kwasu cytrynowego zagęszczonym sokiem jabłkowym w produkcji dżemów borówkowych wpłynęło na wzrost ogólnej aktywności przeciwutleniającej otrzymanych produktów. Wykazano jednak, że podczas procesu gotowania związki polifenolowe zawarte w koncentracji jabłkowym wpływają na degradację antocyjanów borówek.
4. Przechowywanie dżemów przez 6 miesięcy spowodowało obniżenie ich aktywności przeciwutleniającej o 33 do 63%, w zależności od rodzaju dżemu i temperatury przechowywania.
5. Najmniejszy spadek zawartości barwników antocyjanowych podczas przechowywania obserwowano w dżemach wysokosłodzonych, co może wynikać ze stabilizującego działania wyższych stężeń cukru.

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004-2006 jako projekt badawczy nr 2P06T05826.

Literatura

- [1] Amakura Y., Umino Y., Tsuji S., Tonogai Y.: Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 6292-6297.
- [2] Chaovanalikit A., Wrolstad R.E.: Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. *J. Food. Sci.*, 2004, **69**, **1**, FCT67-FCT72.

- [3] Connor A.M., Luby J.J., Tong C. B.S.: Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content, and anthocyanin content among blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 2002, **127**, 1, 89-97.
- [4] Drzazga B.: Analiza techniczna w przemyśle spożywczym. WSiP. Warszawa 1999.
- [5] Ehlenfeld M. K., Prior R. L.: Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentration in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, 2222-2227.
- [6] Fuleki T., Francis F. J.: Quantitative methods for anthocyanins. *J. Food Sci.*, 1968, **33**, 72.
- [7] García-Viguera C., Zafrilla P., Romero F., Abellán P., Artès F. Tomàs-Barberà F.A.: Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *J. Food Sci.*, 1999, **64**, 2, 243-247.
- [8] Haffner K., Vestrheim S., Grønnerød K.: Qualitätseigenschaften von Kulturheidelbeersorten *Vaccinium corymbosum* L. *Erwerbsobstbau*, 1998, **40**, 112-116.
- [9] Kader F., Rovel B., Girardin M., Metchie M.: Composition du fruit du bluet (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivé dans la région des Vosges. *Sciences des Aliments*, 1994, **14**, 281-290.
- [10] 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.
- [11] Lahachoopol V., Szrednicki 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.
- [12] Lee J., Wrolstand R.: Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry – processing waste. *J. Food Sci.*, 2004, **69**, 7, C564-C573.
- [13] Lenartowicz W., Zbroszczyk J., Plocharski W.: The quality of highbush blueberry fruit. *Fruit Sci. Reports*, 1990, **18**, 2, 77-85.
- [14] Marzia L., Botta R., Peano C., Bounous G.: Evoluzione della maturazione e indici di qualità nel mirtillo gigante. *Rivista di Frutticoltura*, 1998, **18**, 23-26.
- [15] Miller N. J., Rice-Evans C.: Spectrophotometric determination of antioxidant activity. *Redox Report.*, 1996, **2**, (3), 519-525.
- [16] Peri C., Pompei G.: An assay of different phenolic fraction in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1971, **22**, 2.
- [17] PN-94/A-75100. Dżemy.
- [18] 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 phenolics and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, **46**, 2686-2693.
- [19] Sapers G. M., Burgher A. M., Phillips J. G., Jones S. B.: Color and composition of highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1984, **109**, 1, 105-111.
- [20] Sapers G. M., Burger A. M., Phillips J. G., Jones S. B.: Effects of freezing, thawing, and cooking on the appearance of highbush blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1984, **109**, 1, 112-117.
- [21] Skupień K.: Ocena wartości odżywczej owoców czterech odmian borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). *Folia Univ. Agric. Stein., Agricultura*, 2004, **96**, 171-174.
- [22] Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Sożyński J.: Stabilność związków fenolowych i barwy w mieszanych sokach z jabłek, aronii i owoców róży. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Technol. Żyw.*, 1991, **215**, 155-163.
- [23] Stasiak A., Pawlak M., Sosnowska D., Wilska-Jeszka J.: Szybkość degradacji barwników antocyjanowych i kwasu askorbinowego w roztworach o różnym stężeniu sacharozy. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 1998, **12**, 26-34.

- [24] Villata M.: Cultivated blueberries: a true-blue baking ingredient. *Cereal Food World*, 1998, **43**, **3**, 128-130.
- [25] 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 OF AND CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN JAMS OBTAINED FROM Highbush BLUEBERRY FRUITS (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

S u m m a r y

The objective of the paper was to determine the antioxidant activity of and the content of compounds impacting this activity, i.e. total polyphenols and anthocyanins, in jams obtained from highbush blueberry fruits. Furthermore, the investigations included the impact of storage conditions and storage duration on the content of compounds, showing antioxidant activity, in jams produced. The investigation included three types of jam produced from this fruit: low-sugar jam ($e = 38\%$), low-sugar jam with concentrated apple juice added ($e = 38\%$), and high sugar jam ($e = 65\%$). Highbush blueberry jams produced were stored during a period of six months, at temperatures of 6°C and 22°C , under no light conditions. The analytical part of the study comprised the profile of the basic chemical composition of fruits and jams. Additionally, after the 2, 4, and 6 months of storing the products manufactured, the antioxidant activity with ABTS radicals, and the content of total polyphenols and anthocyanins in them were determined.

The jams manufactured from highbush blueberry fruits were characterized by a high antioxidant activity ranging from 17,2 to 20,3 μM of Trolox/g of the product. During the technological process, there was a decrease in the contents of polyphenols and anthocyanins in the highbush blueberry jams. This fact impacted the antioxidant activity of the products investigated. The highest, almost 50% losses were found in the case of anthocyanins. When jams were stored during a six month period, their antioxidant activity was decreased by 33% to 66% depending on the type of jam and the storage temperature. The lowest drop in the anthocyanin dyes occurring during their storage was stated in the high sugar jams, and this fact could be attributed to the stabilizing activity and impact of higher concentrations of sugar.

Keywords: antioxidant activity, highbush blueberry, jam, storage, anthocyanins, polyphenols ☒