

ANDRZEJ CENDROWSKI, IWONA ŚCIBISZ, MARTA MITEK

WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA ZAWARTOŚĆ HYDROKSYMETYLOFURFURALU, FURFURALU I KWASU ASKORBINOWEGO W DŻEMACH Z OWOCÓW JAGODOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu temperatury oraz czasu przechowywania na powstawanie hydroksymetylofurfuralu (HMF) w dżemach niskosłodzonych z czarnej porzeczki i borówki wysokiej. Badane dżemy przechowywano przez 180 dni w temperaturze 6 i 22 °C. Zakres przeprowadzonych badań obejmował wyprodukowanie dżemów niskosłodzonych z owoców jagodowych, oznaczenie podstawowego składu chemicznego surowców i dżemów, jak również ocenę wpływu warunków przechowywania i temperatury na zawartość furfuralu, kwasu L-askorbinowego i cukrów oraz parametrów barwy otrzymanych przetworów.

Do oznaczania zawartości HMF, furfuralu, glukozy, fruktozy i sacharozy zastosowano metodę wysokosprawnej chromatografii cieczowej, a kwas askorbinowy oznaczono metodą spektrofotometryczną. Pomiar barwy przeprowadzono w systemie CIE L*a*b* za pomocą kolorymetru.

Stwierdzono istotny wpływ temperatury przechowywania na powstawanie HMF i furfuralu w badanych dżemach. Największy przyrost HMF zachodził w dwóch pierwszych miesiącach przechowywania, zwłaszcza w dżemach składowanych w temperaturze 22 °C. Na zawartość sacharozy istotny wpływ miał czas przechowywania, natomiast temperatura w jakiej przechowywano dżemy nie wpłynęła istotnie na zawartość cukrów. Stwierdzono liniową zależność pomiędzy zawartością kwasu askorbinowego a zawartością furfuralu, co mogło być związane z procesem beztlenowej degradacji tego kwasu.

Słowa kluczowe: dżem, owoce jagodowe, przechowywanie, hydroksymetylofurfural, kwas askorbinowy

Wprowadzenie

W Polsce popularnymi produktami z owoców jagodowych, takich jak borówka wysoka i czarna porzeczka są dżemy, zwłaszcza niskosłodzone, z uwagi na propagowany zdrowy styl życia. Dżemy z owoców jagodowych należą do produktów, które oprócz walorów sensorycznych charakteryzują się wieloma związkami biologicznie

aktywnymi, decydującymi o ich prozdrowotnym charakterze. Jednak w trakcie procesu przetwarzania owoców mogą tworzyć się substancje niepożądane, takie jak hydroksymetylofurfural (HMF) i furfural [8, 10, 28]. Zawartość HMF w dżemach zależy od składu recepturowego, technologii produkcji oraz warunków i czasu przechowywania. HMF jest wskaźnikiem obniżenia jakości, świadczącym o nadmiernym ogrzewaniu lub nieprawidłowym przechowywaniu żywności zawierającej węglowodany [18, 19].

Zawartość HMF jest znikoma w świeżych, nieprzetworzonych sokach owocowych [3]. Tworzenie HMF okazało się bardzo przydatne do oceny poprawności obróbki cieplnej przy wytwarzaniu dżemów i przetworów owocowych [25]. Na podstawie zawartości HMF określa się jakość takich produktów, jak: pasta pomidorowa [2, 17], sos jabłkowy [4], galaretki [19, 20], dżemy owocowe [21, 23] oraz przetwory owocowe dla niemowląt [24].

Celem pracy było określenie wpływu temperatury oraz czasu przechowywania na powstawanie HMF i furfuralu w dżemach niskosłodzonych z czarnej porzeczki i borówki wysokiej. Ponadto określono podstawowy skład chemiczny surowców i dżemów, jak również przeprowadzono ocenę wpływu przechowywania na zawartość kwasu L-askorbinowego, cukrów oraz parametrów barwy otrzymanych produktów.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiły dżemy niskosłodzone z czarnej porzeczki odmiany Ben Lomond i borówki wysokiej odmiany Sierra, przygotowane w skali laboratoryjnej. Do odważonej partii owoców dodawano część cukru i wody. Całość doprowadzano do wrzenia, a następnie gotowano około 35 min do wysycenia owoców cukrem. Następnie do gorącej mieszaniny owoców z cukrem dodawano roztwór preparatu pektynowego. Całkowita ilość cukru dodanego wynosiła w dżemie porzeczkowym i borówkowym odpowiednio 313 i 317 g/1000 g dżemu. Całość ogrzewano w temperaturze wrzenia około 10 min. Pod koniec gotowania korygowano ekstrakt dżemów oraz dodawano kwas cytrynowy. Otrzymany dżem rozlewano na gorąco do słoików szklanych o poj. 80 ml, które zamykano i pasteryzowano w temp. 95 °C przez 10 min. Otrzymane produkty chłodzono do temperatury pokojowej i przechowywano bez dostępu światła przez 60, 120 i 180 dni w temp. 22 ± 2 °C (warunki w jakich powszechnie przechowuje się dżemy podczas magazynowania i dystrybucji) oraz w temperaturze 6 ± 2 °C, która jest rekomendowana do składowania produktów zawierających niestabilne barwniki antocyjanowe [19].

W pierwszej kolejności oznaczano podstawowy skład chemiczny surowców i dżemów bezpośrednio po produkcji. Ponadto w dżemach bezpośrednio po produkcji oraz po 60, 120 i 180 dniach przechowywania oznaczano zawartość: HMF, furfuralu, kwasu L-askorbinowego, cukrów (glukozy, fruktozy i sacharozy) oraz mierzono barwę.

W surowcach i dżemach bezpośrednio po produkcji oznaczano: zawartość ekstraktu za pomocą refraktometru Abbego, kwasowość ogólną metodą potencjometryczną i kwasowość czynną (pH) [6, 13]. Zawartość kwasu askorbinowego oznaczano metodą spektrofotometryczną [14]. Absorbancję mierzono przy długości fali $\lambda = 500$ nm.

Oznaczanie zawartości HMF i furfuralu oraz cukrów w dżemach prowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej za pomocą zestawu firmy Shimadzu wyposażonego w detektor UV-VIS SPD-10A VP, pompę chromatograficzną LC-10AT VP, piec CTO-10AS VP, degazer DEGASEXTM model DG-400 współpracujący z programem do zbierania danych Chromax 2003. Do oznaczania HMF i furfuralu używano kolumny Luna C18 (250 mm \times 4,6 mm; 5 μ m; Phenomenex). Fazę ruchomą stanowił roztwór metanolu z wodą zakwaszoną 0,1 % HCl (90 : 10, v/v) (odczynnik A) oraz metanol (odczynnik B). Analizę wykonywano metodą gradientową (6 min. 14 % B, 10 min 60 % B, 12 min 14 % B, 16 min 14 % B) przy długości fali $\lambda = 285$ nm. Przy określaniu zawartości cukrów stosowano kolumnę Rezex RCU-USP (250 \times 4 mm) oraz detektor refraktometryczny. Fazę ruchomą stanowiła woda redestylowana. Analizę chromatograficzną prowadzono w temp. 80 °C. Przy oznaczaniu cukrów stosowano ekstrakcję wodną, natomiast HMF oraz furfural ekstrahowano wodą zakwaszoną 0,1 % HCl [1, 18, 19, 26].

Pomiar barwy dżemów prowadzono w systemie CIE L*a*b* za pomocą kolorymetru Konica Minolta CM-3600d. Oznaczenie wykonywano w świetle odbitym, w kuwetach plastikowych o grubości 2 cm, dla obserwatora 10° i iluminatu D65. Do badań statystycznych wykorzystano zbiór pomiarów L*, a* i b* badanych dżemów.

Analizę przeprowadzono w trzech równoległych powtórzeniach. Wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji uwzględniającej wpływ czasu i temperatury przechowywania. Uzyskane wyniki opracowywano przy użyciu programu statystycznego Statgraphics 5.0. Wyliczono wartości średnie, odchylenie standardowe, natomiast istotność różnic weryfikowano testem t-Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Podstawą do opracowania receptury dżemów był skład fizykochemiczny owoców czarnej porzeczki i borówki wysokiej (tab. 1).

Ekstrakt z czarnej porzeczki i borówki wysokiej wynosił odpowiednio 13,5 i 11,0 %. W przypadku borówki wysokiej ekstrakt zawierał się w przedziale od 10 do 13,5 %, podawanym przez Lenartowicz i wsp. [9]. Ekstrakt refraktometryczny dżemów wynosił ok. 39,5 %; był zgodny z założeniami, jakie przyjęto podczas produkcji i utrzymywał się na tym poziomie przez cały okres przechowywania. Kwasowość mierzona badanych owoców czarnej porzeczki i borówki wysokiej wynosiła odpowiednio 2,6 i 0,6 % w przeliczeniu na kwas cytrynowy. Kwasowość w badanych owocach borówki wysokiej była porównywalna z wynikami podawanymi przez Sapera

i wsp. [20] oraz Lenartowicz i wsp. [9] (0,42 - 1,29 %). Kwasowość we wszystkich wyprodukowanych dżemach mieściła się w zakresie od 1,2 do 1,3 % i była zgodna z Polską Normą [15]. Kwasowość czynna (pH) dżemu borówkowego wynosiła 2,31, a porzeczkowego 2,63.

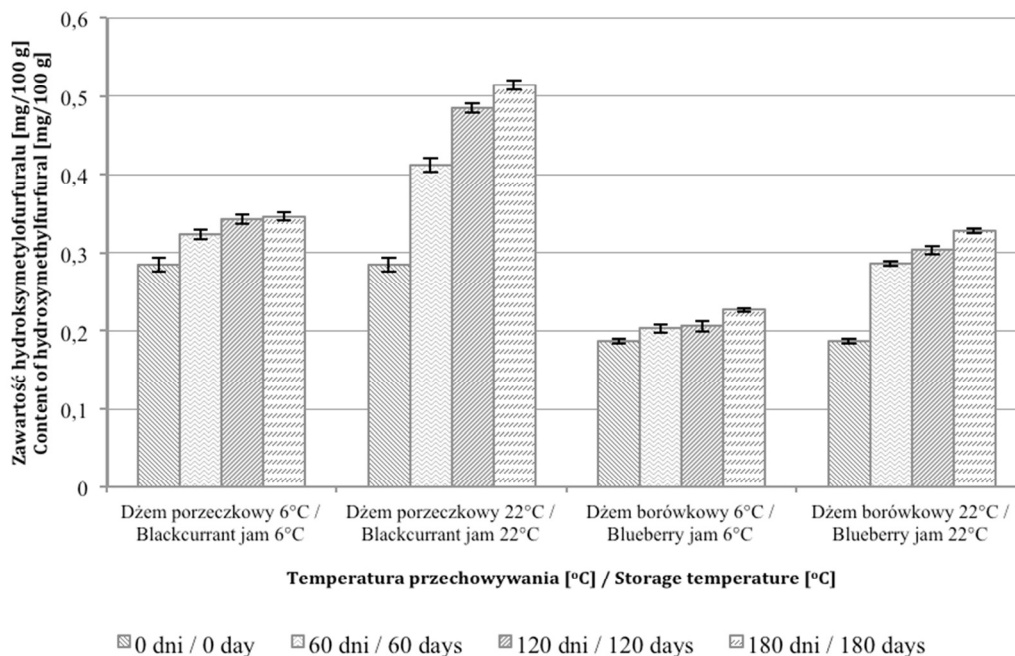
Tabela 1

Podstawowy skład fizykochemiczny surowców oraz dżemów z owoców jagodowych.
Basic physical-chemical composition of raw materials and jams from berries.

Cecha Feature	Czarna porzeczka / Blackcurrant		Borówka wysoka / Blueberry	
	surowiec fresh fruit	dżem jam	surowiec fresh fruit	dżem jam
Ekstrakt [%] Extract [%]	13,5 ± 0,1	39,5 ± 0,2	11,0 ± 0,1	39,5 ± 0,1
Kwasowość ogólna [g kw. cytrynowego/100 g] Total acidity [g of citric acid/100 g]	2,6 ± 0,2	1,3 ± 0,2	0,6 ± 0,1	1,2 ± 0,1
Kwasowość czynna (pH) Active acidity (pH)	-	2,63 ± 0,1	-	2,31 ± 0,1

Wartość średnia ± odchylenie standardowe / Mean value ± standard deviation

Zawartość HMF w dżemach bezpośrednio po wytworzeniu kształtowała się na poziomie 0,187 mg/100 g w dżemie borówkowym i 0,285 mg/100 g w dżemie porzeczkowym (rys. 1). Średnia zawartość HMF w badanych dżemach była mniejsza niż średnia zawartość HMF w 38 próbach dżemów handlowych (1,35 mg HMF/100 g) analizowanych przez Rada-Mendoza i wsp. [18] oraz znacznie mniejsza niż w dżemach handlowych wyprodukowanych z wiśni, truskawek i w powidłach (7,8 mg/100 g) badanych przez Simonyan [24]. Zawartość HMF w badanych dżemach była również mniejsza od 3,8 mg/100 g oznaczonej w dżemach handlowych, badanych przez Corradini i wsp. [5]. Steber i Klostermeyer [25], analizując warunki powstawania hydroksymetylofurfuralu w dżemach, uznali, że zawartość HMF poniżej 5 mg w 100 g produktu może świadczyć o prawidłowym procesie przygotowania dżemu. Dlatego można sądzić, że dżemy handlowe, w których zawartość HMF była większa niż 5 mg/100 g produktu zostały poddane działaniu zbyt wysokiej temperatury lub były przechowywane w nieodpowiednich warunkach. Mała zawartość HMF w badanych dżemach, w porównaniu z danymi literaturowymi, wskazuje na zastosowanie odpowiedniej obróbki termicznej w trakcie procesu wytwarzania.



Rys. 1. Wpływ temperatury i czasu przechowywania na zawartość hydroksymetylofurfuralu w dżemach z owoców jagodowych.

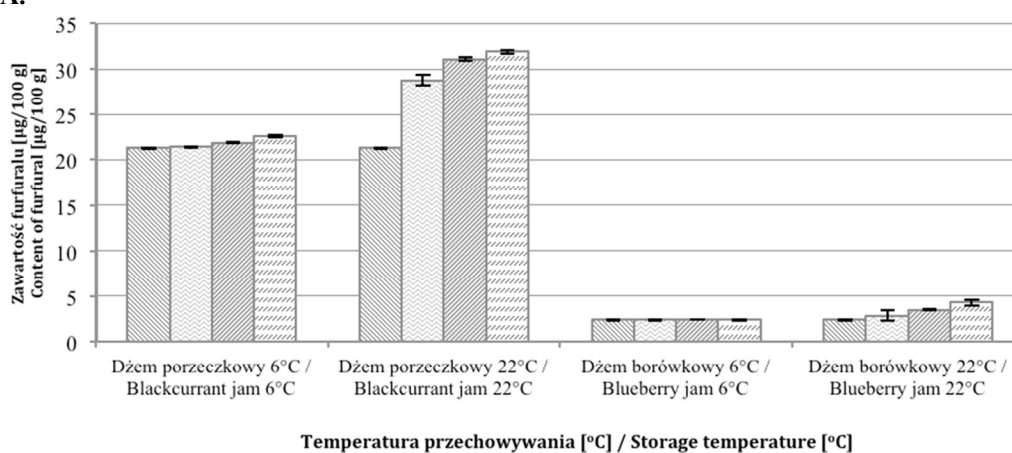
Fig. 1. Effect of temperature and time period of storage on the content of hydroxymethylfurfural in jams from berries.

Po upływie 180 dni zawartość HMF w dżemach przechowywanych w temp. 22 °C była prawie 1,5-krotnie większa niż w dżemach składowanych w warunkach chłodniczych (rys. 1). Największy przyrost HMF zachodził w czasie dwóch pierwszych miesięcy przechowywania, zwłaszcza w przypadku dżemów składowanych w temp. 22 °C. Z badań Rada-Mendoza i wsp. [19], nad wpływem czasu i temperatury przechowywania na zawartość HMF w sosie z jabłek i w galaretkach z winogron, wynika, że produkty przechowywane w temp. 20 °C charakteryzowały się niewielkim wzrostem HMF w stosunku do próbek przechowywanych w temp. 35 °C.

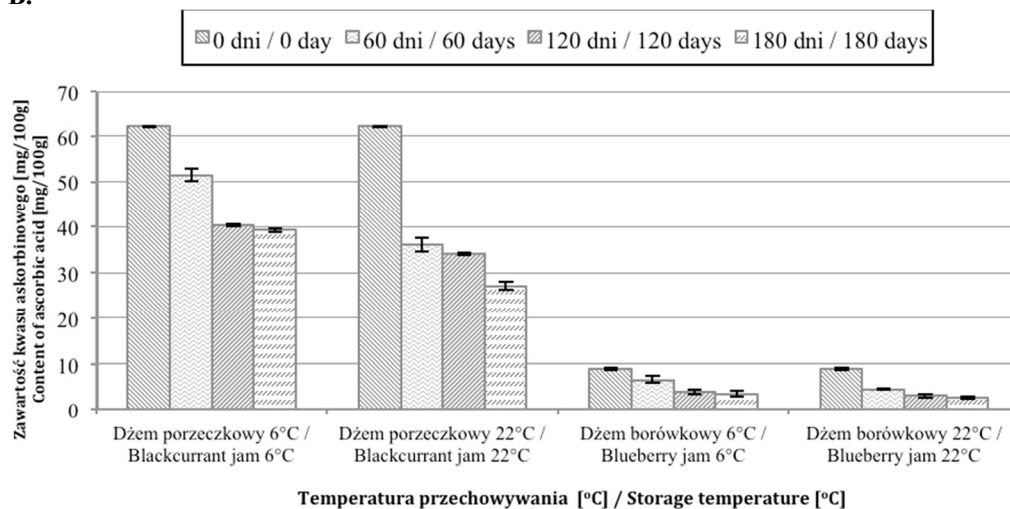
Podczas przechowywania dżemów następował stopniowy wzrost zawartości furfuralu (rys. 2A) oraz stopniowy ubytek zawartości kwasu L-askorbinowego (rys. 2B). W dżemie porzeczkowym zawartość furfuralu po 180 dniach składowania w temp. pokojowej wzrosła o połowę w stosunku do zawartości w dżemie bezpośrednio po wyprodukowaniu, a ilość kwasu askorbinowego zmalała o 56 %. Natomiast w dżemie borówkowym zawartość furfuralu po 180 dniach składowania w temp. pokojowej wzrosła o ok. 80 %, a kwasu askorbinowego zmalała o 72 % w stosunku do dżemu bezpośrednio po wyprodukowaniu. Pytlak [16], badając dżemy wybranych odmian

czarnych porzeczek, stwierdził straty kwasu askorbinowego podczas 7-miesięcznego magazynowania w temp. 15 °C w granicach 47 - 57 % w stosunku do zawartości w dżemie bezpośrednio po produkcji. Zawartość kwasu askorbinowego w dżemie z borówki wysokiej bezpośrednio po produkcji była ok. 7 razy mniejsza niż w dżemie porzeczkowym i wynosiła 8,9 mg/100 g. Według danych literaturowych zawartość kwasu askorbinowego w owocach borówki wysokiej wynosi od 1,4 do 14,0 mg/100 g. Wartości te zależne są od odmiany i warunków glebowo-klimatycznych [12, 22].

A.



B.



Rys. 2. Wpływ temperatury i czasu przechowywania na zawartość furfuralu (A) oraz kwasu askorbinowego (B).

Fig. 2. Effect of temperature and time period of storage on the content of furfural (A) and ascorbic acid (B).

Na podstawie analizy korelacji stwierdzono liniową zależność pomiędzy zawartością kwasu askorbinowego a zawartością furfuralu w dżemach porzeczkowych przy zmiennym czasie i temperaturze przechowywania. Współczynnik korelacji wymienionej zależności wynosił $r = -0,80$ (liczba stopni swobody $df = 19$). Stwierdzona zależność mogła być związana z procesem beztlenowej degradacji kwasu askorbinowego. W wyniku działania ciepła może mieć miejsce rozkład kwasu askorbinowego, w wyniku czego powstaje szereg pochodnych, m.in. furfural. Beztlenowa degradacja kwasu askorbinowego uzależniona jest od temperatury i pH środowiska [7]. Nie można również wykluczyć możliwości strat witaminy C przez tworzenie się kopigmentów antocyjanów i kwasu askorbinowego [26].

W dżemie porzeczkowym zawartość kwasu askorbinowego była również ujemnie skorelowana z zawartością HMF ($r = -0,89$). Podobnie w dżemie borówkowym zawartość kwasu askorbinowego była istotnie ujemnie skorelowana z zawartością HMF. Może to być związane z łatwym utlenianiem kwasu askorbinowego do kwasu dehydroaskorbinowego. Kwas dehydroaskorbinowy, po hydrolizie do kwasu 2,3-diketo-L-gulonowego, może reagować z aminokwasami zawierającymi pierwszorzędową grupę aminową, z utworzeniem zasady Schiffa, która w dalszych reakcjach przechodzi w HMF [7, 10].

Zawartość cukrów ogółem w badanych dżemach mieściła się w przedziale od 36,6 do 37,2 %. Dżemy niskosłodzone badane przez Mitek i wsp. [11] zawierały od 36,4 do 38,8 % cukrów ogółem, w zależności od rodzaju owoców użytych do produkcji dżemu. Pomimo że do produkcji użyto ok. 30 % sacharozy, to jej zawartość w dżemach porzeczkowym i borówkowym bezpośrednio po wyprodukowaniu wynosiła odpowiednio 2,0 i 1,1 % i była mniejsza niż w dżemach niskosłodzonych badanych przez Mitek i wsp. [11], które zawierały ponad 14 % sacharozy. Mała zawartość sacharozy w badanych dżemach była prawdopodobnie spowodowana hydrolizą, jaka mogła zajść podczas ich produkcji [6]. Takie przypuszczenie może również potwierdzać fakt podobnej zawartości glukozy i fruktozy w tych dżemach podczas całego okresu ich przechowywania. Jednocześnie mniejsza zawartość sacharozy w badanych dżemach mogła wynikać także z różnic pH produktów, dawki cieplnej podczas produkcji oraz różnic metodologicznych. Podczas 180 dni przechowywania dżemów w dwóch różnych wartościach temperatury (6 i 22 °C) stwierdzono istotny wpływ czasu przechowywania na zawartość sacharozy (tab. 2). Temperatura, w jakiej przechowywano dżemy, nie wpływała istotnie na zawartość glukozy, fruktozy oraz zawartość sacharozy. Nie obserwowano natomiast silnej korelacji pomiędzy zawartością HMF i cukrów.

Tabela 2

Zawartość sacharozy, glukozy, fruktozy w dżemach, determinowana temperaturą i czasem przechowywania.

Content of sucrose, glucose, and fructose in jams determined by temperature and time period of storage.

Efekty główne Main effects	Zawartość sacharozy [g/100 g] Content of sucrose [g/100 g]		Zawartość glukozy [g/100 g] Content of glucose [g/100 g]		Zawartość fruktozy [g/100 g] Content of fructose [g/100 g]	
	Dżem porzeczkowy Blackcurrant jam	Dżem borówkowy Blueberry jam	Dżem porzeczkowy Blackcurrant jam	Dżem borówkowy Blueberry jam	Dżem porzeczkowy Blackcurrant jam	Dżem borówkowy Blueberry jam
Czas przechowywania [dni] (średnio dla temperatur) Time period of storage [days] (mean of all temperatures)						
0	2,0 ^d	1,1 ^a	17,1 ^a	17,6 ^a	17,5 ^a	18,4 ^a
60	1,8 ^c	0,7 ^b	17,2 ^a	17,7 ^a	17,6 ^a	18,6 ^a
120	1,7 ^b	0,5 ^c	17,4 ^a	17,7 ^a	17,7 ^a	18,6 ^a
180	1,5 ^a	0,5 ^d	17,5 ^a	18,1 ^b	17,6 ^a	18,8 ^a
Temperatura przechowywania [°C] (średnio dla terminów przechowywania) Temperature of storage [°C] (mean of all time period of storage)						
6	1,7 ^a	0,8 ^a	17,3 ^a	17,7 ^a	17,6 ^a	18,6 ^a
22	1,8 ^a	0,6 ^a	17,3 ^a	17,8 ^a	17,6 ^a	18,6 ^a

Wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($\alpha < 0,05$; $n = 21$) / mean values denoted by the same letter in columns do not differ statistically significantly ($\alpha < 0.05$; $n = 21$).

W ciągu 60 (dżem porzeczkowy) i 120 (dżem borówkowy) dni przechowywania następowała zmiana jasności (parametr L^*) badanych produktów (tab. 3). Niewielki wzrost wartości parametru L^* w początkowym okresie przechowywania związany był prawdopodobnie z obserwowaną degradacją antocyjanów. Istotne różnice w wartości parametru a^* wykazywały dżemy borówkowe bezpośrednio po produkcji oraz po 60

dniach przechowywania w dwóch badanych temperaturach. Temperatura składowania nie miała istotnego wpływu na parametry barwy przechowywanych dżemów. Rada-Mendoza i wsp. [18] wykazali, że związki powstające podczas reakcji Maillarda i karmelizacja węglowodanów w środowisku kwaśnym mogą kształtować barwę dżemów, co w odniesieniu do badań własnych nie znalazło potwierdzenia.

Tabela 3

Wartości składowych barwy dżemów z owoców jagodowych w systemie CIE L*a*b*, determinowane temperaturą i czasem przechowywania
Values of colour components of jams from berries in CIE L*a*b* system determined by temperature and time period of storage.

Efekty główne Main effects	L*		a*		b*	
	Dżem porzeczkowy Blackcurrant jam	Dżem borówkowy Blueberry jam	Dżem porzeczkowy Blackcurrant jam	Dżem borówkowy Blueberry jam	Dżem porzeczkowy Blackcurrant jam	Dżem borówkowy Blueberry jam
Czas przechowywania [dni] (średnio dla temperatur): Time period of storage [days] (mean of all temperatures):						
0	24,9 ^a	25,3 ^a	3,2 ^a	4,7 ^b	-0,15 ^{ab}	-0,06 ^b
60	25,2 ^b	25,3 ^a	3,3 ^a	4,0 ^a	-0,23 ^a	-0,42 ^a
120	25,3 ^b	25,6 ^b	3,3 ^a	3,9 ^a	-0,16 ^{ab}	-0,23 ^{ab}
180	25,2 ^b	25,6 ^b	3,2 ^a	4,0 ^a	-0,03 ^b	-0,1 ^b
Temperatura przechowywania [°C] (średnio dla terminów przechowywania): Temperature of storage [°C] (mean of all time period of storage):						
6 °C	25,0 ^a	25,4 ^a	3,2 ^a	4,5 ^a	-0,27 ^a	-0,25 ^a
22 °C	25,3 ^a	25,5 ^a	3,2 ^a	3,8 ^a	-0,02 ^a	-0,16 ^a

Wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($\alpha < 0,05$; $n = 21$) / mean values denoted by the same letter in columns do not differ statistically significantly ($\alpha < 0,05$; $n = 21$)

Wnioski

1. Dżemy z owoców jagodowych (porzeczkowy i borówkowy) charakteryzowały się małą zawartością hydroksymetylofurfuralu.
2. Temperatura przechowywania wpływała na powstawanie hydroksymetylofurfuralu w badanych dżemach. Po upływie 180 dni zawartość HMF w dżemach przechowywanych w temperaturze 22 °C była 1,5-krotnie większa niż w dżemach składowanych w warunkach chłodniczych.
3. Porównując wzrost zawartości HMF w badanych przedziałach czasowych stwierdzono, że największy przyrost następował w ciągu pierwszego okresu (60 dni) przechowywania dżemów. Dotyczyło to zwłaszcza produktów przechowywanych w temp. 22 °C.
4. Na zawartość sacharozy istotny wpływ miał czas przechowywania. Temperatura w jakiej przechowywano dżemy nie wpływała istotnie na zawartość glukozy, sacharozy i fruktozy.
5. W badanych dżemach porzeczkowych stwierdzono zależność liniową pomiędzy zawartością kwasu askorbinowego a zawartością HMF i furfuralu.

Literatura

- [1] Agblevor F.A., Murden A., Hames B.R.: Improved method of analysis of biomass sugars using high-performance liquid chromatography. *Biotech. Lett.*, 2004, **26 (15)**, 1207-1211.
- [2] Allen B.H., Chin H.B.: Rapid HPLC determination of HMF in tomato paste. *J. Assoc. Offic. Analyt. Chemists*, 1980, **63**, 1074-1076.
- [3] Askar A.: Flavour changes during production and storage of fruit juices. *Fluessiges Obst.*, 1984, **51**, 564-569.
- [4] Belitz H.D., Grosch W.: Fruits and their products. *Food Chem.*, 1987, 578-621.
- [5] Corradini C., Nicoletti I., Cannarsa G., Corradini D., Pizzoferrato L., Vivanti V.: Microbore liquid chromatography and capillary electrophoresis in food analysis. Current status and future trends. VIII Proc. Eur. Food Chem., Vienna, Austria, 18-20 September 1995, **2**, 299-302.
- [6] Drzazga B.: Analiza techniczna w przetwórstwie owoców i warzyw. WSiP, Warszawa 1992.
- [7] Gasik A.: Kwas askorbinowy – właściwości i zastosowanie w technologii żywności. *Przem. Spoż.*, 1990, **6**, 130-133.
- [8] Janzowski C., Glaab V., Samini E., Schlatter J., Eisenbrand G.: 5-Hydroxymethylfurfural: assessment of mutagenicity, DNA-damaging potential and reactivity towards cellular glutathione. *Food Chem. Toxicol.*, 2000, **38 (9)**, 801-809.
- [9] Lenartowicz W., Zbroszczyk J., Płocharski W.: The quality of highbush blueberry fruit. *Fruit Science Report XVII*, 1990, **2**, 77-85.
- [10] Michalska A., Zieliński H.: Produkty reakcji Maillarda w żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **2 (51)**, 5-16.
- [11] Mitek M., Kielak A., Niewczas J.: Syntetyczne substancje słodzące w produkcji dżemów o obniżonej wartości energetycznej. *Przem. Spoż.*, 2001, **55 (10)**, 39-41.
- [12] Pliszka K.: Słów kilka o borówce wysokiej, *Sad. Nowocz.*, 2002, **9**, 40-42.
- [13] PN-90/A-75101/04. Przetwory owocowe i warzywne. Oznaczanie kwasowości ogólnej.

- [14] PN-A-04019:1998. Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- [15] PN-A-75100:1994. Produkty owocowe. Dżemy.
- [16] Pytlak Z.: Zachowanie witaminy C w dżemach z wybranych odmian czarnych porzeczek. Praca magisterska, SGGW, Warszawa 1962.
- [17] Porretta S.: Nonenzymatic browning of tomato products. *Food Chem.*, 1991, **39**, 51-57.
- [18] Rada-Mendoza M., Olano A., Villamiel M.: Determination of hydroxymethylfurfural in commercial jams and In fruit-based infant foods. *Food Chem.*, 2002, **79**, 513-516.
- [19] Rada-Mendoza M., Luz Santz M., Olano A., Villamiel M.: Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams and fruit-based infant foods. *Food Chem.*, 2004, **85**, 605-609.
- [20] 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.
- [21] Shaw C.P., Roche C., Dunne C.P.: Changes in the hydroxymethylfurfural and the furfural content of applesauce and grape jelly in long-term storage. Institute of Food Technologists Annual Meeting: book of abstracts 1996, pp. 91-92.
- [22] Shaw C.P., Nagy S., Chen C.S.: Fruit processing technology, Agscience, Inc, Florida, 1993, pp. 166-214.
- [23] Shi X.Q., Chiralt A., Fito P., Serra J., Escoin C., Gasque L.: Application of osmotic dehydration technology on jam processing. *Drying Technology*, 1996, **14**, 841-857.
- [24] Simonyan T.A.: Determination of the hydroxymethylfurfural content of foods. *Voprosy Pitaniya*, 1971, **30**, 50-53.
- [25] Steber F., Klostermeyer H.: Heat treatment of fruit preparations and jams, and monitoring its efficacy. *Molkerei Zeitung Welt der Milch*, 1987, **41**, 289-290, 292-295.
- [26] 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.
- [27] Teixido E., Moyano E., Santos F.J., Galcera M.T.: Liquid chromatography multi-stage mass spectrometry for the analysis of 5-hydroxymethylfurfural in foods. *J. Chromatogr. A.*, 2008, **1185** (1), 102-108.
- [28] Zhang X.M., Chan C.C., Stamp D., Minkin S., Archer M., Bruce W.: Initiation and promotion of colonic aberrant crypt foci in rats by 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in thermolized sucrose. *Carcinogenesis*, 1993, **14**, 773-775.

EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON THE CONTENT OF HYDROXYMETHYLFURFURAL, FURFURAL, AND ASCORBIC ACID IN BERRY JAMS

S u m m a r y

The objective of the study was to determine both the effect of temperature and of the time period of storage on the formation of hydroxymethylfurfural (HMF) in low-sugar jams from blackcurrant and highbush blueberries. The jams analyzed were stored for 180 days at a temperature of 22 °C and 6 °C. The range of the analysis conducted comprised the production of low-sugar jams from berries; the determination of basic chemical composition of raw materials and jams; the assessment of the impact of storage conditions and temperature on the content of furfural, L-ascorbic acid, and sugars, as well as on the colour parameters of the jams analyzed.

A method of high performance liquid chromatography for HMF was applied to determine the content of HMF, furfural, glucose, fructose, and sucrose, and a spectrophotometric method was used to determine

the content of ascorbic acid. The measurement of colour was carried out in CIE L*a*b* system with the use of colorimetric method.

In the jams analyzed, a significant impact of the temperature of storage was found on the formation of HMF and furfural. The highest increase in HMF occurred during the first two months of storage, especially, in the jams stored at a temperature of 22 °C. The content of sucrose was significantly impacted by the time period of storage, while the temperature of stored jams did not have any significant impact on the content of sugars. Based on the results of the correlation analysis, a linear dependence between the content of ascorbic acid and the content of furfural was reported. This dependence could be associated with the process of anaerobic degradation of this acid.

Key words: jam, berries, storage, hydroxymethylfurfural, ascorbic acid ☒