

IWONA ŚCIBISZ, ANDRZEJ GASIK, MARTA MITEK,
ANDRZEJ CENDROWSKI

WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA BARWĘ DŻEMÓW Z OWOCÓW KOLOROWYCH

Streszczenie

Celem pracy była ocena wpływu długoterminowego przechowywania na barwę oraz zawartość antocyjanów w dżemach z owoców jagodowych. Dżemy wyprodukowane z owoców borówki wysokiej oraz czarnej porzeczki przechowywano bez dostępu światła w temperaturze 6 i 22 °C przez 8 miesięcy.

Degradacja antocyjanów przebiegała zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu, a czas połowicznego rozpadu tych związków był dłuższy w dżemach borówkowych w porównaniu z produktami otrzymanymi z owoców porzeczek. Temperatura przechowywania była czynnikiem istotnie wpływającym na straty antocyjanów. Dżemy przechowywane przez 8 miesięcy w temperaturze 6 °C zawierały od 4- do 7-krotnie więcej barwników w porównaniu z produktami przechowywanymi w 22 °C. Podczas przechowywania dżemów następował wzrost udziału barwy polimerycznej, co związane mogło być z reakcją polimeryzacji między antocyjanami a innymi związkami polifenolowymi. Obserwowano istotną korelację pomiędzy parametrami barwy i zawartością antocyjanów w dżemach otrzymanych z owoców borówki. Na barwę dżemów porzeczkowych nie miała wpływu zawartość monomerów antocyjanowych, co sugeruje że inne związki (produkty reakcji Maillarda, antocyjany spolimeryzowane) mogły kształtować barwę produktów porzeczkowych.

Słowa kluczowe: barwa, antocyjany, dżem, borówka wysoka, porzeczka czarna, przechowywanie

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych kryteriów jakości produktów słodzonych, takich jak dżemy, otrzymanych z owoców jagodowych jest barwa. Długi okres przechowywania w temperaturze pokojowej powoduje znaczne zmiany barwy dżemów, co negatywnie wpływa na ocenę tych produktów przez konsumentów [27]. Barwa dżemów z owoców jagodowych uzależniona jest od zawartości barwników antocyjanowych, a także od obecności związków o zabarwieniu purpurowym i brązowym, powstających podczas

Dr inż. I. Ścibisz, dr inż. A. Gasik, dr hab. M. Mitek, prof. SGGW, inż. A. Cendrowski, Katedra Technologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa

degradacji, polimeryzacji, kondensacji antocyjanów oraz podczas reakcji nieenzymatycznego brunatnienia [11, 14, 17, 23]. Szczególnie istotny wpływ na stabilność związków antocyjanowych w produktach spożywczych ma temperatura przechowywania. Wzrost temperatury przyspiesza znacznie tempo destrukcji antocyjanów [6, 11]. Ze względu na istotną rolę, jaką barwa odgrywa w konsumenckiej ocenie produktów spożywczych ważne wydaje się określenie czynników wpływających na jej zachowanie podczas przechowywania dżemów z owoców jagodowych.

Celem pracy było określenie wpływu temperatury oraz czasu przechowywania na barwę dżemów otrzymanych z owoców jagodowych. Ponadto określono zmiany zawartości antocyjanów podczas długoterminowego składowania dżemów.

Materiał i metody badań

Owoce borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.) odmiany Sierra oraz owoce porzeczki czarnej (*Ribes nigrum*) odmiany Ben Lomond pochodziły z gospodarstwa sadowniczego oddalonego 15 km od Warszawy. Owoce zebrano w stadium dojrzałości konsumpcyjnej. Z owoców porzeczek usunięto szypułki, następnie surowiec umyto, osuszono i zamrożono w temp. $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zamrożone owoce przechowywano w temp. $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ do czasu produkcji dżemów, tj. nie dłużej niż 4 tygodnie.

Część technologiczna pracy obejmowała produkcję dżemów niskosłodzonych o założonym ekstrakcie 38 %, kwasowości 1,2 % oraz wsadzie owoców 45 %. Do produkcji użyto: preparatu pektyny nisko metylowanej (LNCJ1), sacharozy oraz kwasu cytrynowego. Dżemy gotowano w kotle otwartym. Owoce wraz z cukrem i wodą ogrzewano przez 35 min w celu wysycenia ich cukrem. Następnie dodawano wcześniej przygotowanego preparatu pektyny nisko metylowanej i ponownie ogrzewano masę dżemową przez 10 min w temp. $98 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pod koniec gotowania korygowano ekstrakt dżemu oraz dodawano kwas cytrynowy. Otrzymany dżem rozlewano na gorąco do słoików szklanych o poj. 80 cm^3 , które zamykano i pasteryzowano w temp. $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ przez 10 min. Otrzymane produkty chłodzono do temp. pokojowej i przechowywano w dwóch wariantach temperatury ($6 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $22 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), bez dostępu światła przez 8 miesięcy.

W dżemach bezpośrednio po produkcji oraz po 2, 4, 6, 8 miesiącach przechowywania oznaczano: parametry barwy, zawartość antocyjanów ogółem oraz określano udział barwy polimerycznej (polymeric colour). Ponadto określano zmiany zawartości monomerów antocyjanów w trakcie składowania dżemów.

Pomiar barwy prowadzono w systemie CIE $L^*a^*b^*$ za pomocą kolorymetru Konica Minolta CM-3600d. Warunki oznaczenia: światło odbite, kuwety z tworzywa sztucznego o grubości 2 cm, obserwator 10° , iluminat D65. Antocyjany ogółem oznaczano spektrofotometryczną metodą Giusti i Wrolstad [13], a wyniki oznaczeń podano w przeliczeniu na cjanidyno-3-glukozyd. Metodę z dwusiarczynem potasu wykorzy-

stywano do określenia procentowego udziału barwy polimerycznej, określającej jaki udział w barwie mają antocyjany spolimeryzowane [5]. Badanie udziału barwy polimerycznej prowadzono na ekstraktach antocyjanowych otrzymanych z dżemów. Pomiar udziału barwy polimerycznej polega na reakcji monomerów antocyjanowych z SO_2 . Reakcja prowadzi do powstania bezbarwnego związku poprzez przyłączenie jonu HSO_3^- do węgla w pozycji C4 w cząsteczce antocyjanu. Antocyjany spolimeryzowane nie biorą udziału w tej reakcji, gdyż w pozycji C4 mają przyłączony kowalencyjnie inny związek fenolowy [5, 27]. Zasada metody polega na spektrofotometrycznym porównaniu absorbancji próbek z dodatkiem dwusiarczynu potasu i bez tego dodatku.

Identyfikację monomerów antocyjanów w produktach z borówki wysokiej prowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej połączonej z spektrometrem masowym z jonizacją elektrorozpraszającą (HPLC/ESI-MS). Identyfikację prowadzono przez porównanie uzyskanych widm masowych oraz czasu retencji z widmami i czasem retencji antocyjanów wzorcowych oraz z danymi literaturowymi [9, 15]. Rozdział prowadzono w kolumnie Luna RP – 18 ($5\mu\text{m}$) przy prędkości przepływu $1\text{ cm}^3/\text{min}$. Jako eluentu używano 100 % acetonitrylu oraz 10 % roztworu kwasu mrówkowego [22]. Oznaczanie zawartości antocyjanów w dżemach z porzeczki czarnej prowadzono w wysokosprawnym chromatografie cieczowym z detektorem spektrofotometrycznym. Analizę wykonywano metodą izokratyczną, a fazę rozwijającą stanowił roztwór woda : acetonitryl : kwas mrówkowy (82,5 : 7,5 : 10). Rejestracje antocyjanów prowadzono przy długości fali 520 nm.

W produktach bezpośrednio po produkcji oraz po 8 miesiącach przechowywania oznaczano podstawowy skład chemiczny. Określano zawartość ekstraktu za pomocą refraktometru Abbego, kwasowość ogólną metodą potencjometryczną, kwasowość czynną (pH), pojemność przeciwutleniającą metodą z kationodnikami ABTS^{•+} [21], zawartość polifenoli ogółem metodą z odczynnikiem Folin-Ciocalteu'a [18], zawartość kwasu L-askorbinowego metodą spektrofotometryczną [19], stężenie glukozy, sacharozy, fruktozy, furfuralu oraz hydroksymetylofurfuralu metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej. Przy określaniu zawartości cukrów użyto kolumny Rezex RCU-USP (250×4 mm) oraz detektor refraktometryczny [1]. Analizę chromatograficzną prowadzono w temp. 80 °C. Do analizy furfuralu oraz hydroksymetylofurfuralu użyto kolumny Luna RP – 18 ($5\mu\text{m}$). Fazę rozwijającą stanowiły roztwór metanol : woda zakwaszona HCL (90 : 10, v/v) oraz metanol [25]. Analizę wykonywano metodą gradientową, a rejestracje prowadzono przy długości fali 285 nm. Przy oznaczeniu cukrów stosowano ekstrakcję wodną, natomiast hydroksymetylofurfural oraz furfural ekstrahowano wodą zakwaszoną 0,1 % HCL [2, 26].

Analizy przeprowadzono w trzech równoległych powtórzeniach. Wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, uwzględniając wpływ czasu i temperatury przechowywania. Istotność różnic weryfikowano za pomocą testu T-Tukey'a. W celu okre-

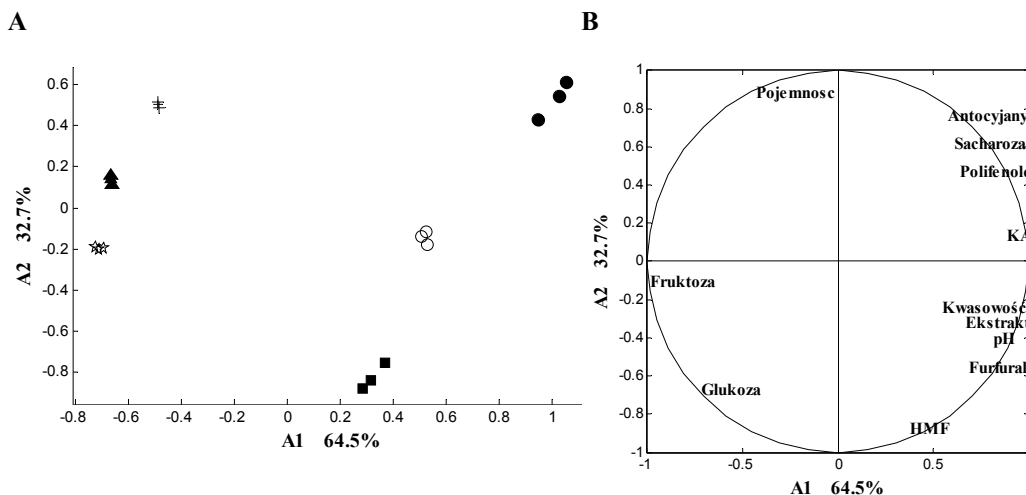
ślenia różnic w badanych dżemach wykorzystano analizę głównych składowych (PCA) na danych, które poddano normalizacji.

Wyniki i dyskusja

W celu przedstawienia zmian w składzie fizykochemicznym dżemów podczas przechowywania przez 8 miesięcy w temp. 6 i 22 °C zastosowano analizę głównych składowych (rys. 1A i 1B). Technika PCA umożliwiła wyodrębnienie dwóch składowych głównych wyjaśniających 97,2 % zmienności zawartej w danych, przy czym pierwsza składowa (A1) odpowiedzialna była za ponad 2/3 całkowitej wariancji. Pierwsza składowa była dodatnio skorelowana z parametrami fizykochemicznymi, takimi jak pH i kwasowość, a także z zawartością antocyjanów, sacharozy, polifenoli, kwasu askorbinowego i furfuralu (rys. 1B). Pierwsza składowa spowodowała oddzielenie dżemów bezpośrednio po produkcji od dżemów po 8 miesiącach przechowywania, które charakteryzowały się znacznie mniejszą zawartością kwasu askorbinowego, antocyjanów, polifenoli oraz furfuralu (rys. 1A). Dzięki tej składowej uwidocznił się również kontrast pomiędzy dżemami otrzymanymi z różnych owoców. Produkty z czarnej porzeczki charakteryzowały się większą zawartością składników przeciwutleniających, a także wyższą kwasowością. Pierwsza składowa była również ujemnie skorelowana z zawartością fruktozy (rys. 1B). W trakcie przechowywania obserwowano wzrost jej stężenia, co prawdopodobnie związane było z zachodzącą hydrolizą sacharozy podczas procesu przechowywania [2, 26].

Druga główna składowa wskazuje na kontrast pomiędzy pojemnością przeciwutleniającą i zawartością antocyjanów a zawartością hydroksymetylofurfuralu (HMF) w dżemach (rys. 1B). Dzięki tej składowej wyraźnie rozróżnia się dżemy przechowywane w temp. 6 °C od produktów przechowywanych w temp. 22 °C, charakteryzujących się większą zawartością HMF i niższą pojemnością przeciwutleniającą i zawartością barwników (rys. 1A). Według Rada-Mendoza i wsp. [20] temperatura przechowywania istotnie wpływa na tempo powstawania HMF w przechowywanych dżemach.

Przechowywanie dżemów w dwóch wariantach temperatury w istotny sposób wpłynęło na zawartość barwników antocyjanowych (rys. 2A). Po upływie 8 miesięcy zawartość antocyjanów w dżemach przechowywanych w temperaturze 22 °C była prawie 4-krotnie (dżemy borówkowe) oraz 7-krotnie (dżemy porzeczkowe) mniejsza niż w dżemach składowanych w warunkach chłodniczych. Podobnie, jak w niniejszych badaniach, w wielu pracach udowodniono, że temperatura przechowywania jest głównym czynnikiem decydującym o stabilności antocyjanów w produktach składowanych [6, 10, 11].



Objaśnienia: / Explanatory notes:

- dżem porzeczkowy bezpośrednio po produkcji / blackcurrant jam directly after production, ○ dżem porzeczkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 6 °C / blackcurrant jam stored at 6 °C during 8 months, ■ dżem porzeczkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 22 °C / blackcurrant jam stored at 22 °C during 8 months, + dżem borówkowy bezpośrednio po produkcji / blueberry jam directly after production, ▲ dżem borówkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 6 °C / blueberry jam stored at 6 °C during 8 months, * dżem borówkowy przechowywany przez 8 miesięcy w temp 22 °C / blueberry jam stored at 22 °C during 8 months, Pojemność – pojemność przeciwutleniająca dżemów / antioxidant capacity of jams, KA – zawartość kwasu askorbinowego w dżemach / content of ascorbic acid in jams, HMF – zawartość hydroksymetylofurfuralu w dżemach / content of hydroxymethylfurfural in jams.

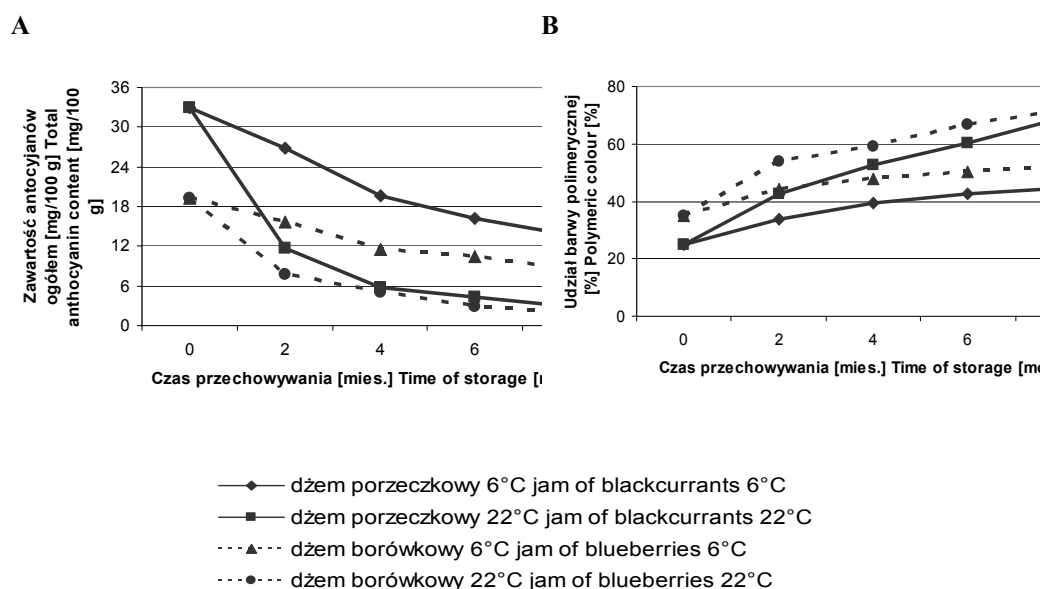
Rys. 1. Wyniki analizy głównych składowych (A. Rozmieszczenie analizowanych dżemów, B. Korelacja zmiennych oryginalnych względem głównych składowych).

Fig. 1. Analysis results of principal components (A. Score layout of jams analyzed ; B. Correlation of original variables relative to main components).

Wykazano także istotny wpływ czasu przechowywania na zawartość antocyjanów (rys. 2A, tab. 1). Porównując zmniejszenie zawartości antocyjanów w badanych przedziałach czasowych stwierdzono, że najwyższy stopień degradacji zachodzi w ciągu dwóch pierwszych miesięcy przechowywania dżemów. Dotyczyło to zwłaszcza produktów przechowywanych w temp. 22 °C. Uwzględniając całkowite straty antocyjanów podczas 8-miesięcznego przechowywania w temp. 22 °C stwierdzono, że 2/3 tych strat ma miejsce podczas dwóch pierwszych miesięcy, natomiast jedynie 1/3 podczas kolejnych sześciu miesięcy przechowywania.

Czas oraz temperatura przechowywania istotnie wpłynęły także na udział barwy polimerycznej dżemów (rys. 2B, tab. 1). Barwa produktów przechowywanych przez długi okres w temp. 22 °C zależała nie tylko od zawartości antocyjanów monomerycznych, ale również w dużej mierze od zawartości antocyjanów spolimeryzowanych.

Przykładowo, udział barwy polimerycznej w dżemach porzeczkowych bezpośrednio po produkcji wynosił 24,9 %, natomiast w produktach składowanych przez 8 miesięcy w temp. 22 °C wynosił 69,1 % (rys 2B). Badania puree z owoców borówek [5] oraz pulpy malinowej [16] również wykazały wzrost udziału barwy polimerycznej podczas przechowywania tych produktów.



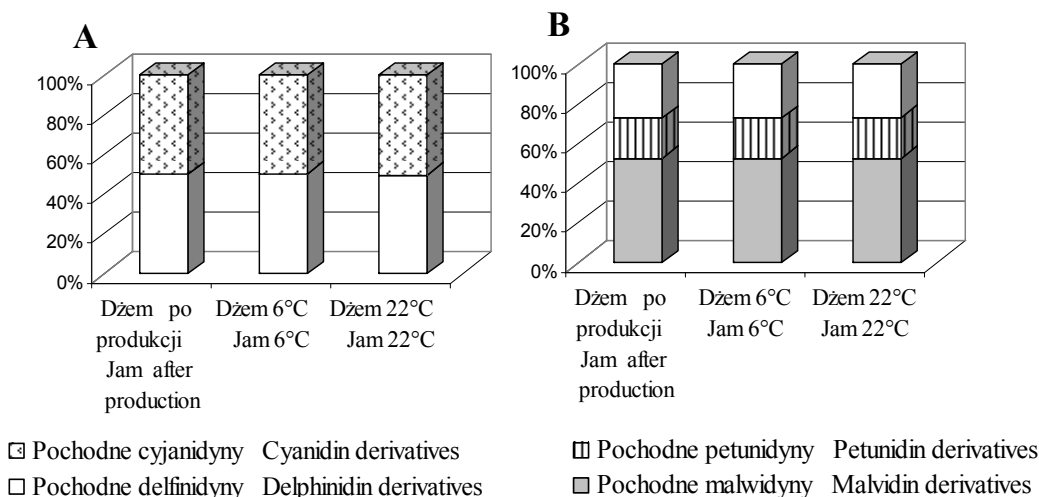
Rys. 2. Wpływ temperatury oraz czasu przechowywania na zawartość antocyjanów ogółem (A) oraz udział barwy polimerycznej (B).

Fig. 2. Effect of temperature and time of storage on content of total anthocyanins (A) and on polymeric colour (B).

Podczas przechowywania dżemów nie stwierdzono zróżnicowanego stopnia degradacji poszczególnych antocyjanów (rys. 3). W dżemach bezpośrednio po produkcji udział poszczególnych barwników w całkowitej ilości oznaczanych antocyjanów był prawie taki sam, jak w dżemach po 8 miesiącach przechowywania. Występujący w pracy brak zróżnicowania tempa degradacji pomiędzy poszczególnymi związkami antocyjanowymi w czasie przechowywania dżemów jest zgodny z doniesieniami literaturowymi [11].

Proces rozpadu antocyjanów w dżemach przechowywanych przez 8 miesięcy przebiega zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu. Połowiczny czas rozpadu antocyjanów w dżemach borówkowych wynosił 202,9 dni, gdy przechowywano je w temp.

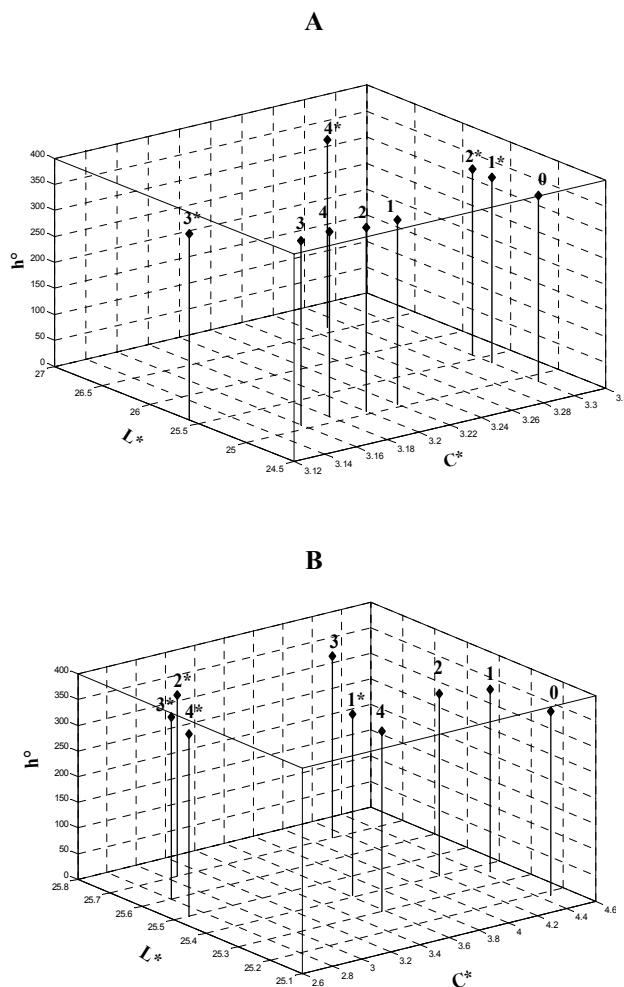
6 °C oraz 73,4 dni, gdy przechowywano je w temp. 22 °C. Antocyjany zawarte w dżemie otrzymanym z owoców porzeczki czarnej wykazały mniejszą stabilność podczas przechowywania. Czas połowicznego rozpadu antocyjanów w dżemach porzeczkowych wynosił 189,2 dni i 67,4 dni, gdy produkty przechowywane były odpowiednio w temp. 6 i 22 °C.



Rys. 3. Udział [-] poszczególnych pochodnych antocyjanów w ogólnej zawartości barwników w dżemie z czarnych porzeczek bezpośrednio po produkcji i po 8 miesiącach przechowywania w temp. 6 i 22 °C (A) oraz w dżemie borówkowym bezpośrednio po produkcji i po 8 miesiącach przechowywania w temp. 6 i 22 °C (B).

Fig. 3. Amounts of individual derivatives of anthocyanins (B) in the total content of pigments in blackcurrant jams directly after production and after 8 month storage at 6 and 22 °C (A) and in blueberry jams directly after production and after 8 month storage at 6 and 22 °C (B).

Niższa stabilność barwników antocyjanowych w dżemach porzeczkowych może wynikać z ich budowy chemicznej, a także obecności innych składników wpływających negatywnie na antocyjany, takich jak kwas askorbinowy i furfural. Dżemy z porzeczek zawierały głównie pochodne cyjanidyny oraz delfinidyny, które są bardziej wrażliwe na czynniki destrukcyjne w porównaniu z pochodnymi malwidyny i petunidyny, których znaczne ilości zawierały dżemy z owoców borówek [3]. Ponadto dżemy porzeczkowe charakteryzowały się większą zawartością kwasu askorbinowego. Brenes i wsp. [4] uzyskali niższą stabilność antocyjanów w wyciągu z czerwonych winogron podczas jego przechowywania z dodatkiem kwasu askorbinowego. Podobnie w badaniach syropów truskawkowych i z czarnej porzeczki [24] wykazano destabilizujący wpływ kwasu askorbinowego na antocyjany. Jedną z przyczyn obniżenia stabilności antocyjanów może być działanie produktu jego rozpadu w warunkach beztlenowych [7, 8].



Objaśnienia: / Explanatory notes:

0 - dzemy bezpośrednio po produkcji / jams directly after production; 1, 2, 3, 4 – dzemy przechowywane przez odpowiednio 2, 4, 6, 8 miesięcy w temp 6 °C, 1, 2, 3, 4 / jams stored at 6 °C during 2, 4, 6, 8 months, respectively, 1*, 2*, 3*, 4* – dzemy przechowywane przez odpowiednio 2, 4, 6, 8 miesięcy w temp 22 °C / jams stored at 22 °C during 2, 4, 6, 8 months, respectively.

Rys. 4. Wpływ temperatury oraz czasu przechowywania na barwę (parametry $L^*C^*h^\circ$) dzemów z czarnej porzeczki (A) oraz dzemów borówkowych (B).

Fig. 4. Effect of temperature and time of storage on colour (parameters $L^*C^*h^\circ$) of blackcurrant jams (A) and blueberry jams (B).

W trakcie przechowywania dzemów porzeczkowych przez 8 miesięcy w temp. 6 i 22 °C następowała zmiana barwy produktów (rys. 4A). Na jasność oraz nasycenie

barwy próbek nie wpływał istotnie ani czas, ani temperatura przechowywania (tab. 1). Jedynie parametr h° zmieniał się podczas przechowywania dżemów. Podczas dwóch pierwszych miesięcy nastąpił spadek wartości h° , a podczas kolejnych 6 miesięcy przechowywania wzrost wartości tego parametru od wartości wyjściowej. Dżemy przechowywane w temp. 22 °C charakteryzowały się wyższą wartością parametru h° w porównaniu z próbkami przechowywanymi w temp. 6 °C. Badania prowadzone przez Garzon i Wrolstad [12] również wykazały wzrost wartości parametru h° podczas przechowywania soków oraz koncentratów truskawkowych, świadczący o zmianie barwy z czerwonej w kierunku barwy pomarańczowej.

Podczas przechowywania dżemów borówkowych w początkowym okresie następowało pojaśnienie produktów (wzrost wartości parametru L^*) (rys. 4B). Związane jest to prawdopodobnie z przemianą czerwonego kationu flawyliowego antocyjanów w bezbarwne oraz żółte formy chalkonów. Pod koniec procesu przechowywania następował spadek wartości parametru L^* . W etapie tym barwa produktów w znacznym stopniu kształtowana była przez antocyjany spolimeryzowane, gdyż udział barwy polimerycznej w dżemach borówkowych przechowywanych przez 8 miesięcy w temp. 22 °C wynosił 69,1 % (rys. 2). Oligomery w porównaniu z monomerami wykazują większą siłę barwiącą, co mogło być powiązane ze zmniejszeniem wartości parametru L^* . Istotny wpływ na nasycenie barwy (C^*) dżemów z owoców borówek miał czas oraz temperatura przechowywania (tab. 1). Dżemy przechowywane w temp. 22 °C przez dłuższy okres charakteryzowały się znacznie niższą wartością parametru C^* . Parametr barwy h° istotnie zależał jedynie od czasu przechowywania. Podczas dwóch pierwszych miesięcy stwierdzono znaczne zmniejszenie wartości h° , dlatego produkty przechowywane charakteryzowały się bardziej żółtą tonacją barwy.

Współrzędne barwy (C^* i h^*) dżemów borówkowych były dodatnio skorelowane z zawartością antocyjanów. Współczynnik korelacji pomiędzy zawartością antocyjanów a parametrem C^* $r = 0,94$ natomiast pomiędzy antocyjanami a parametrem h° $r = 0,70$. W przypadku parametru L^* wystąpiła ujemna korelacja z zawartością barwników ($r = -0,69$). Parametry barwy dżemów porzeczkowych nie były skorelowane z zawartością monomerów antocyjanowych, co sugeruje, że barwa tych produktów kształtowana jest również przez inne związki znajdujące się w dżemach. Mogą być to związki powstające podczas produkcji dżemów w wyniku reakcji Maillarda bądź antocyjany spolimeryzowane, gdyż obserwowano istotną zależność między udziałem barwy polimerycznej a parametrem barwy L^* ($r = 0,69$).

Tabela 1

Zawartość antocyjanów, udział barwy polimerycznej oraz parametry barwy badanych dżemów w zależności od temperatury i czasu ich przechowywania.

Content of anthocyanins, polymeric colour, and colour parameters of jams analyzed depending on temperature and time of their storage.

| Efekty główne Main effects | Antocyjany ogółem [mg/100 g] Total anthocyanins [mg/100 g] | Udział barwy polimerycznej [%] Polymeric colour [%] | L* | C* | h° |
|--|---|---|--------|-------|---------|
| Dżem porzeczkowy / Blackcurrant jam | | | | | |
| 0 | 33,0a | 24,9d | 24,9a | 3,3a | 357,2a |
| 2 | 19,2b | 38,2c | 25,2a | 3,3a | 355,2b |
| 4 | 12,7c | 46,0bc | 25,3a | 3,2a | 356,0ab |
| 6 | 10,2c | 51,5ab | 25,3a | 3,2a | 356,2ab |
| 8 | 8,2c | 56,8a | 25,8a | 3,2a | 357,2a |
| Czas przechowywania [miesiące] Time of storage [months] | ** | ** | n.i. | n.i. | * |
| 6 °C | 21,8 | 37,0 | 25,4 | 3,2 | 354,9 |
| 22 °C | 11,9 | 49,9 | 25,0 | 3,3 | 357,8 |
| Temperatura przechowywania [°C] Temperature of storage [°C] | ** | ** | n.i. | n.i. | ** |
| Dżem borówkowy / Blueberry jam | | | | | |
| 0 | 19,3d | 34,9d | 25,2a | 4,5a | 358,3a |
| 2 | 11,7c | 49,1c | 24,4b | 4,0ab | 353,8b |
| 4 | 8,3b | 53,5bc | 25,4bc | 3,6bc | 353,4b |
| 6 | 6,6ab | 58,5ab | 25,5cd | 3,4cd | 354,2b |
| 8 | 5,2a | 61,8a | 25,6d | 3,1d | 352,4b |
| Czas przechowywania [miesiące] Time of storage [months] | ** | ** | ** | ** | ** |
| 6 °C | 13,0 | 45,2 | 25,5 | 4,2 | 354,7 |
| 22 °C | 7,4 | 57,2 | 25,3 | 3,3 | 354,2 |
| Temperatura przechowywania [°C] Temperature of storage [°C] | ** | ** | n.i. | ** | n.i. |

* statystycznie istotny przy $p < 0,05$ / significant at $p < 0,05$; ** statystycznie istotny przy $p < 0,01$ / statistically significant at $p < 0,01$; n.i. – statystycznie nieistotne / statistically insignificant; wartości średnie oznaczone tą samą literą w kolumnach nie różnią się statystycznie istotnie / mean values denoted by the same letter in columns do not differ statistically significantly.

Wnioski

1. Degradacja antocyjanów podczas przechowywania dżemów przebiega zgodnie z kinetyką reakcji pierwszego rzędu. Czas połowicznego rozpadu antocyjanów jest dłuższy w dżemach borówkowych w porównaniu z dżemami porzeczkowymi.
2. Temperatura przechowywania istotnie wpływa na zawartość antocyjanów. Dżemy przechowywane przez 8 miesięcy w temperaturze 6°C zawierają od 4- do 7-krotnie więcej barwników w porównaniu z produktami przechowywanymi w temperaturze 22 °C.
3. Podczas przechowywania dżemów nie stwierdzono zróżnicowanego stopnia degradacji poszczególnych antocyjanów.
4. Na barwę dżemów borówkowych wpływa zawartość barwników antocyjanowych. Obserwowano wysoką dodatnią korelację między parametrami barwy C* i h° a zawartością antocyjanów oraz ujemną korelację pomiędzy parametrem L* a zawartością barwników antocyjanowych. W przypadku dżemów z owoców porzeczki czarnej nie obserwowano korelacji pomiędzy parametrami barwy a zawartością antocyjanów.
5. Oznaczone parametry barwy dżemów porzeczkowych nie zależały istotnie od zawartości monomerów antocyjanowych, co może sugerować, że również inne związki (produkty reakcji Maillarda, antocyjany spolimeryzowane) kształtują barwę produktów porzeczkowych.

Praca naukowa współfinansowana ze środków MNiSzW w latach 2007-2010 jako projekt badawczy nr N N312 1832 33.

Literatura

- [1] Agblevor F.A., Murden A., Hames B.R.: Improved method of analysis of biomass sugars using high performance liquid chromatography. *Biotech. Letters*, 2004, **(26)**, **15**, 1207-1211.
- [2] Arena E., Fallico B., Maccarone E.: Thermal damage in blood orange juice: kinetics of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde formation. *Int. J. Food Sci.*, 2001, **(36)**, 145-151.
- [3] Bąkowska-Barczak A.: Acylated Anthocyanins as stable, natural food colorants – a review. *Pol. J. Food Nut. Sci.*, 2005, **2 (55)**, 107-116.
- [4] Brenes C., Pozo-Insfran D. D., Talcott S. T.: Stability of copigmented anthocyanins and ascorbic acid in a grape juice model system. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, **(53)**, 49-56.
- [5] Brownmiller C., Howard L.R., Prior R.L.: Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *J. Food Sci.*, 2008, **5 (73)**, H72-79.
- [6] Cemeroglu B., Velioglu S., Isik S.: Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate. *J. Food Sci.*, 1994, **6 (59)**, 1216-1218.
- [7] Es-Safi N., Cheynier V.R., Moutounet M.: Role of aldehydic derivatives in the condensation of phenolic compounds with emphasis on the sensorial properties of fruit-derived foods. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **(50)**, 5571-5585.

- [8] Es-Safi N., Fulcrand H., Moutounet V.M.: Studies on the acetaldehyde-induced condensation of (-)-epicatechin and malvidin 3-O-glucoside in model solution system. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, **(47)**, 2096-2102.
- [9] Gao L., Mazza G.: Quantization and distribution of simple and acylated anthocyanins and other phenolics in blueberries. *J. Food Sci.*, 1994, **5 (59)**, 1057-1059.
- [10] García-Viguera C., Zafrilla P., Artès F., Romero F., Abellán P., Tomàs-Barberà F.A.: Colour and anthocyanin stability of red raspberry jam. *J. Sci. Food Agric.*, 1998, **(78)**, 565-573.
- [11] Garcia-Viguera C., Zafrilla P., Romero F., Abellán P., Artes F., Tomas-Barberan F. A.: Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *J. Food Sci.*, 1999, **2 (64)**, 243-247.
- [12] Garzon G.A., Wrolstad R.E.: Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *J. Food Sci.*, 2002, **67(4)**: 1288-1299.
- [13] Giusti M.M., Wrolstad R.E.: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: *Handbook of food analytical chemistry – pigment, colorants, flavors, texture, and bioactive food components*. Ed. Wrolstad R.E., J. Wiley & Sons Inc., New York, 2005, pp. F1.2.1-13.
- [14] Kim D.O., Zakour O. I. P.: Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum and raspberry. *J. Food Sci.*, 2004, **9 (69)**, S395-S400.
- [15] Lohachoompol V., Mulholland M., Szrednicki G., Craske J.: Determination of anthocyanins in various cultivars of highbush and rabbiteye blueberries. *Food Chem.*, 2008, **1 (111)**, 249-254.
- [16] Ochoa M.R., Kessler A.G., Vullioud M.B., Lozano J.E.: Physical and chemical characteristics of raspberry pulp: storage effect on composition and color. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 1999, **(149)**, 149-53.
- [17] Oszmiański J.: Zachowanie przeciwutleniaczy w czasie produkcji soków i przecierów z jabłek i owoców jagodowych. W: *Przeciwutleniacze w żywności, aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne – po red. W. Grajka.*, WNT, Warszawa 2007.
- [18] Peri C., Pompei G.: An assay of different phenolic fraction in wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1971, **(22)**, 2.
- [19] PN-A-04019:1998. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- [20] Rada-Mendoza M., Sanz M. L., Olano A., Villamiel M.: Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams fruit-based infant foods. *Food Chem.*, 2004, **(85)**, 605-609.
- [21] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.*, 1999, **(26)**, 9-10, 1231-1237.
- [22] Ścibisz I., Mitek M.: Wpływ procesu mrożenia i zamrażalniczego przechowywania owoców borówki wysokiej na zawartość antocyjanów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5 (54)**, 229-236.
- [23] Ścibisz I., Mitek M.: Effect of processing and storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of highbush blueberry jams. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2009, **1 (59)**, 45-52.
- [24] Skrede G., Wrolstad R. E., Lea P., Enersen G.: Color stability of strawberry and blackcurrants syrups. *J. Food Sci.*, 1992, **(57)**, 172-177.
- [25] 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. Chromat. A.*, 2008, **(1185)**, 1, 102-108.
- [26] Tsai P.J., Delva L., Yu T.Y., Huang Y.T., Dufosse L.: Effect of sucrose on the anthocyanin and antioxidant capacity of mulberry extract during high temperature heating. *Food Res. Inter.*, 2005 **(38)**, 1059-1065.

- [27] Wrolstad R.E., Durst R. W., Lee J.: Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. Trends Food Sci. Technol., 2005, (16), 423-428.

EFFECT OF STORAGE CONDITIONS ON COLOUR OF JAMS MADE FROM COLOURFUL FRUITS

Summary

The objective of the study was to assess the effect of long-term storage on the colour and content of anthocyanins in jams made from colourful fruits. The jams were prepared from highbush blueberries and blackcurrants, and stored at 6 and 22°C with no access to light during 8 months.

The degradation of anthocyanins followed according to the kinetics of the first order reaction and the half-life time of those compounds was longer in the blueberry jams compared to blackcurrant products. The storage temperature was a factor significantly impacting the loss of anthocyanins. In the jams stored for 8 months at 6 °C, the content of pigments was from 4 to 7 times higher compared to the products stored at 22 °C. While the jams were stored, their polymeric colour increased and this fact could be attributed to the polymerization reaction between the anthocyanins and other phenolic compounds. A significant correlation was found between the parameters of colour and the content of anthocyanins in the jams produced from blueberries. The content of monomeric anthocyanins did not impact the colour of blackcurrant jams, and this fact suggests that some other compounds (the Maillard reaction products, polymeric compounds) could shape the colour of blackcurrant products.

Key words: colour, anthocyanins, jam, highbush blueberry, blackcurrant, storage ☒