

**Dynamika zmian zawartości barwników betalainowych
i suchej masy podczas przechowywania buraków
ćwikłowych (*Beta vulgaris* L.)**
Dynamics of changes in the content of betalaine pigments and
dry mass during red beet (*Beta vulgaris* L.) storage

Zofia Nizioł-Łukaszewska¹, Dominika Furman-Toczek²,
Martyna Zagórska-Dziok²

¹Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie, Katedra Kosmetologii, Kielnarowa 386A, 36-020 Tyczyn, Rzeszów, znizioł@wsiz.rzeszow.pl; ²Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie, Katedra Biologii Medycznej i Badań Translacyjnych, Kielnarowa 386A, 36-020 Tyczyn, Rzeszów, dfurman@wsiz.rzeszow.pl, mzagorska@wsiz.rzeszow.pl

Słowa kluczowe: burak ćwikłowy, aktywność antyoksydacyjna, barwniki betalainowe, przechowywanie
Key words: red beet, antioxidant activity, betalain pigment, storage

Streszczenie

Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L.) jest warzywem charakteryzującym się dużą trwałością przechowalniczą, dzięki czemu może być spożywany przez cały rok. Dlatego też bardzo ważna jest wiedza na temat dynamiki zmian zawartości poszczególnych składników w kolejnych miesiącach przechowywania. Badaniami objęto dwie odmiany buraka ćwikłowego: Boro F1 (kształt korzenia kulisty) oraz Regulski Cylinder (kształt korzenia cylindryczny). Celem pracy była ocena dynamiki zmian wybranych składników w badanej roślinie w trakcie okresu przechowywania. W szczególności zwrócono uwagę na zawartość składników mających korzystny wpływ na jakość buraków ćwikłowych, m.in. została oceniona aktywność antyrodnikowa, zawartość barwników betalainowych oraz sucha masa. Jako odmianę polecaną do przechowywania wytypowano odmianę Regulski Cylinder. Cechowała się ona najmniejszym spadkiem aktywności antyrodnikowej oraz wzrostem zawartości barwników betalainowych podczas 5-miesięcznego okresu składowania.

Summary

Red beet is a vegetable which is characterized by a high storage durability. For this it can be used and consumed throughout the all year. Therefore, it is very important to know the dynamics of changes in the content of individual ingredients in the subsequent months of storage. The two croppers of red bee: Boro F1 (spherical root shape) and Regulski Cylinder (cylindrical root shape) were included in this study. The main purpose was to assess the

dynamics of changes of selected components in analyzed plant, during the storage period. Moreover, particular attention was paid to the content of ingredients which have a beneficial effect on the quality of red beet. The antiradical activity, content of betalaine pigments and the dry mass were evaluated. The cropper of Regulski Cylinder was chosen as a cultivar recommended for storage. It has been characterized by the smallest decrease in antiradical activity and an increase in the content of betalain pigments during the 5-month storage period.

Wstęp

Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L.) należy do rodziny szarłatowatych (*Amaranthaceae*), poprzednio komosowatych (*Chenopodiaceae*) i jest rośliną dwuletnią [1]. W pierwszym roku wytwarza korzenie spichrzowe, które następnie przechowuje się w temperaturze nieco powyżej 0°C. W kolejnym roku wysadza się korzenie (wysadki) do gruntu i po przejściu procesu jaryzacji, wytwarzają one pędy nasienne. Korzenie buraka ćwikłowego w zależności od odmiany mogą mieć różne kształty (kuliste, walcowate, cylindryczne) i barwy (czerwoną lub białą) [1]. Do celów spożywczych i leczniczych gatunek ten uprawiany był już w starożytności [2]. Od II wieku naszej ery celem uprawy stał się również korzeń spichrzowy [1]. W Polsce pierwsze informacje o burakach pojawiły się w XIV wieku, jednak dopiero pod koniec XVI wieku zainteresowanie tym gatunkiem zaczęło wzrastać [3]. W Polsce warzywo to cieszy się dużą popularnością i obecnie należy do podstawowych gatunków warzyw uprawianych w naszym kraju. Korzenie buraka ćwikłowego zawierają około: 1,5% białka, 0,1% tłuszczów oraz 0,8% błonnika. Ponadto, warzywo to również bogate jest w sole mineralne, głównie wapnia, żelaza, potasu, sodu, fosforu, które wpływają odkwaszająco na organizm człowieka [4]. Korzenie są również cennym źródłem witamin C, B₁, B₂, B₆, P. Wykazano, iż zawierają one 11 mg witaminy C na 100 g świeżej masy [3, 5, 6]. Burak ćwikłowy jest uważany za jedno z najśłodszych warzyw. Na smak buraków ćwikłowych wpływa zawartość kwasów organicznych, takich jak: jabłkowy, cytrynowy, szczawiowy i winowy, a także zawartość cukrów. Natomiast znaczna obecność błonnika w korzeniach buraków korzystnie wpływa na procesy trawienne. Burak ćwikłowy jest bogatym źródłem naturalnych antyoksydantów, zaliczany jest do dziesięciu warzyw o najwyższym potencjale antyoksydacyjnym [7]. Mimo iż, charakteryzuje się niską zawartością flawonoidów i kwasów fenolowych, to za jego właściwości przeciwutleniające odpowiedzialne są głównie związki betalainowe, wśród których wyróżniamy betacyjaniny i betaksantyny [8, 9, 10, 11]. W burakach ćwikłowych główną betacyjaniną jest betanina i izobetanina, natomiast do betaksantyn można

zaliczyć wulgaksantynę I i wulgaksantynę II. Według Mikołajczyk i Czapskiego [6] istnieje istotna dodatnia korelacja pomiędzy zawartością barwników czerwonych w soku buraka a ich zdolnościami antyoksydacyjnymi.

Niewątpliwą zaletą buraka ćwikłowego jest również dobra trwałość przechowalnicza. Buraki przechowywać można przez okres 8–9 miesięcy, dzięki czemu można je spożywać w stanie świeżym niemal przez cały rok. W trakcie przechowywania w korzeniach buraka zachodzą procesy fizyczne, biochemiczne i mikrobiologiczne, które prowadzą do ubytku suchej masy, barwników betalainowych czy cukrów. Zmiany te powodują często pogorszenie smaku, barwy, zapachu, twardości i jędrności warzywa [12, 13]. Wielkość tych zmian zależy głównie od warunków, jak i od czasu przechowywania [14]. Bardzo ważnymi czynnikami wpływającymi na zawartość związków betalainowych są temperatura oraz wilgotność, jaka panuje podczas przechowywania [14, 15].

Celem niniejszej pracy była ocena dynamiki zmian zawartości składników jakościowych wybranych odmian buraka ćwikłowego podczas pięciomiesięcznego okresu przechowywania. Została oceniona aktywność antyoksydacyjna oraz zawartość barwników betalainowych (z wyodrębnieniem barwników betacyjaninowych i betaksantynowych). Przeprowadzone badania miały na celu wyodrębnienie odmiany charakteryzującej się najkorzystniejszymi cechami jakościowymi.

Materiały i metody

Doświadczenie zostało założone na polu doświadczalnym Katedry Warzywnictwa i Roślin Leczniczych w Mydlnikach koło Krakowa. Badania prowadzono w obrębie dwóch wybranych odmian buraka ćwikłowego Boro F1 (kształt korzenia kulisty), Regulski Cylinder (kształt korzenia cylindryczny). Nasiona były wysiewane w pierwszej dekadzie lipca. Nasiona przed wysiewem zaprawiano zaprawą nasienną Funaben T. Nasiona wysiewano co 40 cm. Przerwyka odbyła się w stadium 2–4 liści, średnio co 8–10 cm. Zbiór odbył się w ostatnim tygodniu września. Buraki ćwikłowe przechowywano w dwóch komorach przechowalniczych, w których panowały różne warunki. W pierwszej komorze temperatura wynosiła 2°C, w drugiej 4°C, wilgotność względna 98%.

W zebranym materiale badawczym oznaczono zawartość suchej masy według Polskiej Normy [16], w tym też celu materiał w postaci pulpy naważano i przeniesiono do naczynek wagowych. Próbkę suszono w suszarce do stałej wagi, a następnie pozostawiono do ostygnięcia w eksykatorze. Na koniec ze wzoru wyliczono procentową zawartość suchej masy.

$$X = \frac{M_2 - M_0}{M_2 - M_1} \times 100\%$$

gdzie: M_0 – masa naczynka, M_1 – masa naczynka z pozostałością po wysuszeniu, M_2 – masa naczynka z pulpą

Oznaczenie aktywności antyoksydacyjnej – metoda DPPH

W zebranych materiałach oznaczono także aktywność antyoksydacyjną – metodą DPPH oraz zawartość barwników betalainowych.

Zdolność ekstraktów z buraka ćwikłowego do neutralizowania wolnego rodnika DPPH \cdot (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazyl) (Sigma-Aldrich) mierzono według metody opisanej przez Branda Williamsa i wsp. [17]. 50 μ M roztwór DPPH mieszano z analizowaną próbką ekstraktu lub rozpuszczalnika w stosunku 1:1. Mieszaninę reakcyjną inkubowano w ciemności w temperaturze pokojowej przez około 30 min. Następnie wykonano pomiar absorbancji przy długości fali 517 nm, wykorzystując spektrofotometr Aqua-Mate (Thermo Scientific). 96% alkohol etylowy zastosowano jako próbę ślepą. Aktywność antyrodnikową obliczono ze wzoru

$$\% \text{ inhibicji rodnika DPPH} = 1 - \frac{A_s}{A_c} \times 100\%$$

gdzie: A_s – absorpcja próbki badanej, A_c – absorpcja próbki kontrolnej

Oznaczenie zawartości barwników betalainowych

Barwniki betalainowe oznaczono metodą Nillsona [18]. Zawartość barwników betacyjaninowych wyrażono jako betaninę, natomiast zawartość barwników betaksantynowych jako wulgaksantynę I. Materiał roślinny pocięto na malakserze, następnie dodano 3,5 objętości wody i homogenizowano przez 10 minut w mikserze. Próbkę przesączono przez sączek z bibuły. Do analiz wykorzystano 0,5 ml przesączu, który rozcieńczono buforem fosforanowym o pH 6.5 do objętości 50 ml. Absorbancję roztworu mierzono przy długości fali 600, 538 i 476 nm. Zawartość barwników wyrażono w $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ św. m. Zawartość barwników obliczono ze wzoru:

$$X = \frac{A \cdot V \cdot R}{\frac{1}{10} \cdot M \cdot E^{1\text{cm}1\%}}$$

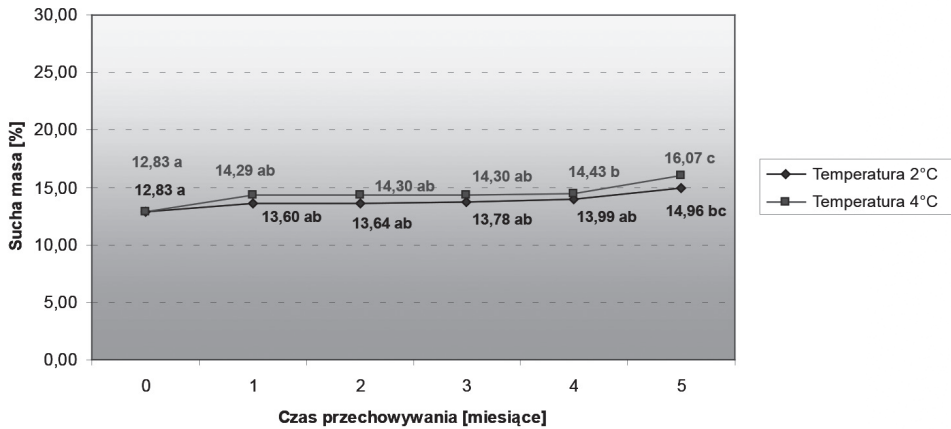
gdzie: A – absorpcja barwnika, V – objętość przygotowana do pomiaru, R – stopień rozcieńczenia ekstraktu, $E^{1\text{cm}1\%}$ – współczynnik ekstynkcji barwnika, M – masa próbki w roztworze pomiarowym

Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji w układzie niezależnym. Wyniki zostały opracowane testem Tukey'a HSD na poziomie istotności $p = 0,05$. Analizy statystyczne wykonano w programie komputerowym StatSoft, Statistica 9.

Wyniki badań i ich omówienie

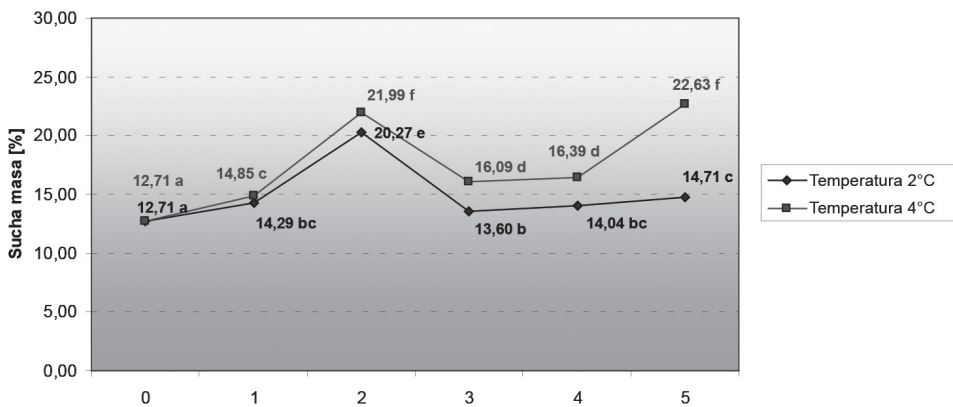
Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L.) należy do warzyw, które stosunkowo łatwo się przechowują. Jednak podczas długotrwałego składowania korzeni zachodzą liczne procesy fizyczne i biochemiczne, które przyczyniają się do zmiany twardości, koloru, smaku oraz zapachu korzeni [12]. Według Hebdy oraz Złobeckiego [14] buraki ćwikłowe mogą być przechowywane nawet przez około 8–9 miesięcy. Optymalna temperatura do przechowywania to 1–2°C przy wilgotności względnej 95–98% [17]. Według Stintzing [19] temperatura ta powinna wynosić 3–4°C, ponieważ wyższa przyczynia się do korkowacenia skórki, natomiast niższa do licznych uszkodzeń chłodowych oraz chorób fizjologicznych i grzybowych, m.in. plamistości i zgnilizny.

W niniejszym badaniu wykazano, że zawartość suchej masy dla odmiany Boro F1 wzrastała minimalnie wraz z kolejnymi miesiącami przechowywania (Rysunek 1). Po 5 miesiącach składowania w chłodni w temperaturze 4°C zawartość suchej masy buraków była około 7% wyższa niż u buraków ćwikłowych przechowywanych w 2°C. W porównaniu z okresem początkowym składnik ten wzrósł w temperaturze 2°C o 16%, zaś w temperaturze 4°C o 25%.



Rysunek 1. Dynamika zmian zawartości suchej masy w trakcie przechowywania dla odmiany Boro F1

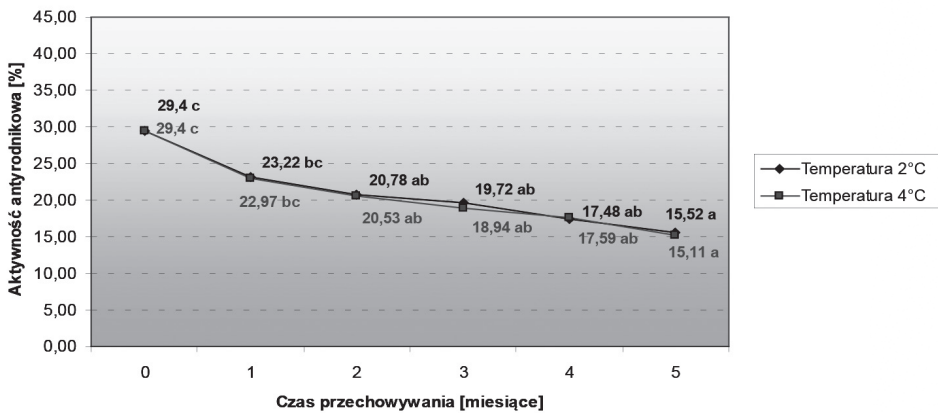
U odmiany Regulski Cylinder również wykazano wzrost zawartości suchej masy do 2 miesiąca o 60% dla temperatury 2°C i o 73% dla 4°C (Rysunek 2). Po upływie 5 miesięcy zawartość suchej masy w korzeniach przechowywanych w temperaturze 4°C była istotnie wyższa niż u tych, które przechowywano w temperaturze 2°C. Wykazano również wzrost suchej masy o 15% w stosunku do wartości otrzymanych z początku przechowywania dla temperatury 2°C, a także o 78% dla temperatury 4°C.



Rysunek 2. Dynamika zmian zawartości suchej masy w trakcie przechowywania dla odmiany Regulski Cylinder

Według Elknera i wsp. [20] oraz Hebdy i Złobeckiego [14] istnieje współdziałanie temperatury i czynnika odmianowego na zawartość suchej masy. Zwiększanie temperatury skutkuje coraz większymi ubytkami wymienionych substancji. Na obniżenie zawartości substancji odżywczych istotny wpływ ma także długość składowania. Straty suchej masy po 1 miesiącu przechowywania wynosiły około 1,5%, po 7 miesiącach około 10%. Przeprowadzone badania pokazały wzrost zawartości suchej masy dla badanych odmian w pierwszym miesiącu przechowywania. W opinii Gawędy [20] duża zawartość suchej masy podczas składowania oraz ubytki wody mogą być spowodowane budową morfologiczną korzeni buraków ćwikłowych.

Badania przeprowadzone podczas przechowywania odmiany Boro F1 pokazują spadek zawartości aktywności antyrodnikowej w kolejnych miesiącach (Rysunek 3). Po 5 miesiącach przechowywania w obu temperaturach zdolność zmiatania wolnych rodników spadła o około 50%. Nie stwierdzono istotnych różnic w aktywności antyrodnikowej u buraków przechowywanych w temperaturze 2°C i 4°C.



Rysunek 3. Dynamika zmian aktywności antyrodnikowej w trakcie przechowywania dla odmiany Boro F1

Dla odmiany Regulski Cylinder zmiany aktywności antyrodnikowej w obu temperaturach przebiegały podobnie i nie różniły się istotnie (Rysunek 4). W ostatnim miesiącu badań w przypadku obu temperatur stwierdzono spadek zdolności do neutralizowania wolnych rodników. W momencie zakończenia przechowywania w temperaturze 2°C aktywność antyrodnikowa była większa o 11% w porównaniu z 4°C.

Podczas 5-miesięcznego przechowywania zaobserwowano tendencję spadkową aktywności antyrodnikowej. Po 5 miesiącach przechowywania większy spadek aktywności antyrodnikowej zanotowano dla korzeni przechowywanych w temperaturze 4°C niż w 2°C.

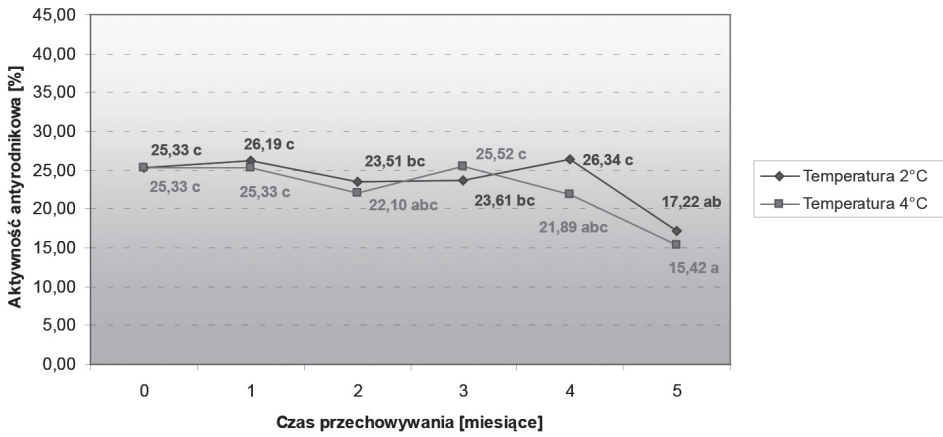
Korzenie buraków ćwikłowych odmiany Boro F1 cechowały się wzrostem zawartości betaniny w pierwszych tygodniach przechowywania i spadkiem w drugim miesiącu (Rysunek 5). Dla korzeni przechowywanych w temperaturze 2°C obserwowano dalszy spadek zawartości betaniny aż do 4 miesiąca, a następnie w ostatnim miesiącu wzrost o około 64% w stosunku do miesiąca poprzedniego. Po 5 miesiącach przechowywania zawartość betaniny w korzeniach przechowywanych w temperaturze 4°C była istotnie wyższa o 12% niż w temperaturze 2°C i o 7% wyższa niż w okresie początkowym.

Odmiana Regulski Cylinder cechowała się wzrostem zawartości betaniny w pierwszym miesiącu o 37% w stosunku do wartości na początku przechowywania bez względu na zastosowaną temperaturę (Rysunek 6). W drugim miesiącu wykazano spadek wartości o około 25% w porównaniu z 1 miesiącem składowania. W kolejnych miesiącach zawartość czerwonego barwnika w korzeniach przechowywanych w temperaturze 2°C wzrastała. W temperaturze 4°C pomiędzy 2 a 3 miesiącem nastąpił wzrost o około 30% w porównaniu z drugim miesiącem przechowywania, a następnie spadek zawartości tego składnika i ponowny wzrost. Ostatecznie buraki ćwikłowe przechowywane w temperaturze 4°C zawierały istotnie więcej betaniny o około 30% niż te, które były składowane w temperaturze 2°C.

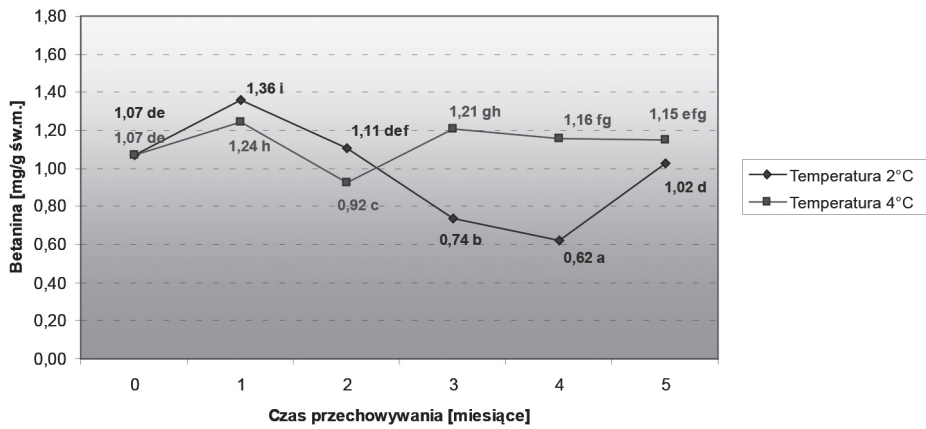
W przypadku odmiany Boro F1 dla temperatury 2°C zawartość wulgaksantyny po trzech miesiącach przechowywania spadła o 30% w porównaniu z zawartością w momencie zbioru (Rysunek 7). Przy temperaturze 4°C zanotowano o miesiąc krótszy spadek i wynosił on 24% w stosunku do wartości początkowej. Następnie ilość żółtego barwnika w obu kombinacjach zaczęła wzrastać. Po pięciu miesiącach przechowywania ilość wulgaksantyny była istotnie wyższa o około 28% w temperaturze 4°C niż w temperaturze 2°C.

W burakach odmiany Regulski Cylinder zawartość wulgaksantyny w pierwszym miesiącu przechowywania początkowo wzrosła, a w kolejnym miesiącu spadła dla temperatury 2°C o 32% i dla temperatury 4°C o 19% w porównaniu z wartościami oznaczonymi w 1 miesiącu przechowywania (Rysunek 8.). W korzeniach buraków ćwikłowych przechowywanych w 4°C znajdowało o około 45% się więcej żółtego barwnika niż w przechowywanych w 2°C. Również w porównaniu z okresem początkowym zawartość wulgaksantyny wzrosła o 35% w temperaturze 2°C i o 97% w temperaturze 4°C.

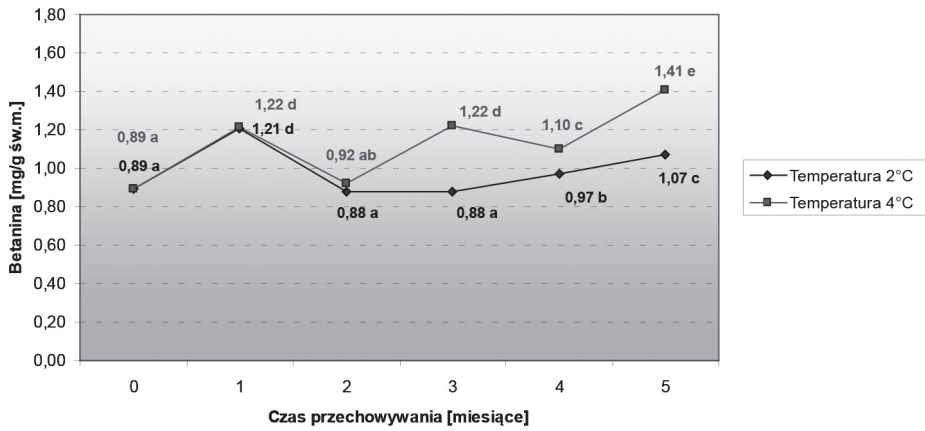
Dynamika zmian zawartości barwników betalainowych i suchej masy...



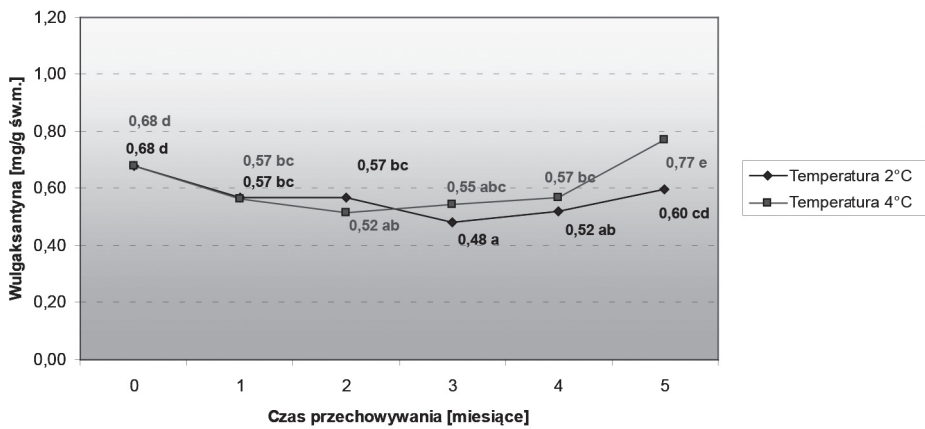
Rysunek 4. Dynamika zmian aktywności antyrodnikowej w trakcie przechowywania dla odmiany Regulski Cylinder



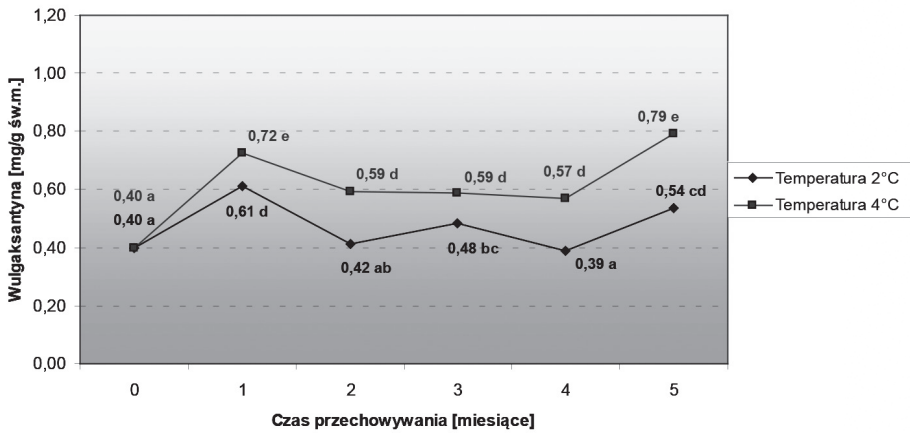
Rysunek 5. Dynamika zmian zawartości betaniny w trakcie przechowywania dla odmiany Boro F1



Rysunek 6. Dynamika zmian zawartości betaniny w trakcie przechowywania dla odmiany Regulski Cylinder



Rysunek 7. Dynamika zmian zawartości vulgaxantyny w trakcie przechowywania dla odmiany Boro F1



Rysunek 8. Dynamika zmian zawartości vulgaksantyny w trakcie przechowywania dla odmiany Regulski Cylinder

W czasie przechowywania zaobserwowano, że zawartość barwników wahała się, ale ostatecznie była większa niż w momencie rozpoczęcia przechowywania. Wyjątek stanowiła odmiana Boro F1, w przypadku której zawartość barwników betalainowych w temperaturze 2°C po 5 miesiącach przechowywania spadła. Do odmiennych wniosków doszli Stintzing i Carle [19], którzy zaobserwowali spadek zawartości betaniny o około 40%, natomiast vulgaksantyny o 60% w porównaniu z zawartością po zbiorze. Różnice te mogą być spowodowane wieloma czynnikami, ponieważ na ostateczną zawartość badanych składników w przechowywanych warzywach wpływają procesy oddychania, mechanizmy degradacji czy utrata wody (transpiracja). Dlatego ostateczny poziom tych składników jest wypadkową wielu procesów.

Wnioski

1. We wszystkich korzeniach buraków ćwikłowych składowanych w temperaturze 2°C po zakończeniu przechowywania stwierdzono mniejszy spadek aktywności antyrodnikowej niż w temperaturze 4°C. Natomiast w korzeniach przechowywanych w temperaturze 4°C stwierdzono wyższą zawartość barwników betalainowych oraz zawartość suchej masy.
2. Odmianą polecaną do przechowywania jest odmiana Regulski Cylinder. Cechuje się ona najmniejszym spadkiem aktywności antyrodnikowej oraz wzrostem zawartości barwników betalainowych podczas 5-miesięcznego okresu składowania.

Literatura

- [1] Kołota E., Adamczewska-Sowińska K., Burak ćwikłowy i liściowy, Wyd. Hortpress, Warszawa 2006, s. 80.
- [2] Biegańska-Mercik R., Czapski J., Błaszczuk P., Określenie wpływu odmiany i procesu technologicznego na występowanie smaku gorzkiego w buraku ćwikłowym. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, 3(52), s. 62–70.
- [3] Felczyński K., Elkner K., Effect of long-term organic and mineral fertilization on the yield and quality of red beet (*Beta vulgaris* L.), *Vegetable Crops Research Bulletin*, 2008, 68, s. 111–125.
- [4] Nizioł-Łukaszewska Z., Gawęda M., Porównanie składu pierwiastkowego korzeni buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L.) w zależności od odmiany, *Fragmenta Agronomica*, 2015, 32(20), s. 79–86.
- [5] Michalik B., Żukowska E., Ślęczek S., Changes in quality of red beet cultivars with growing time, *Folia Horticultura*, 1995, 7(1), s. 127–136.
- [6] Mikołajczyk K., Czapski J., The antioxidant activity and content of betalain pigments in different variety of red beet, *Bromat. Chemia. Toksykologia*, 2006, Supl., s. 437–441.
- [7] Szałaty M., Znaczenie fizjologiczne oraz biodostępność betacyjanin, *Postępy Fitoterapii*, 2008, 1, s. 20–25.
- [8] Czapski J., Mikołajczyk K., Kaczmarek M., Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of its betalain pigments, *Polish Journal Food Nutrition Science*, 2009, 59(2), s. 119–122.
- [9] Strack D., Vogt T., Schliemann W., Recent advances in betalain research, *Phytochemistry*, 2003, 62, s. 247–269.
- [10] Vinson J.A., Hao Y., Su. X., Zubik L., Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables, *Journal Agriculture Food Chemistry*, 1998, 46, s. 3630–3634.
- [11] Wolyn D.J., Gabelman W.H., Effects of planting and harvest date on betalain pigment concentrations in three table beet genotypes, *Horticulturn. Science*, 1986, 21(6), s. 1339–1340.
- [12] Elkner K., Badałek E., Adamicki F., Wpływ odmiany i warunków przechowywania na jakość buraka ćwikłowego, *Biuletyn Warzywniczy*, 1997, 46, s. 67–78.
- [13] Wettasinghe M., Bolling B., Plhak L., Parkin K., Screening for phase II enzyme-inducing and antioxidant activities of common vegetable, *Journal Food Science*, 2002, 67, s. 2583–2588.
- [14] Hebda T., Złobecki A., Wpływ warunków przechowywania na jędrność korzenia buraka ćwikłowego, *Inżynieria Rolnicza*, 2013, 3(145), t.1, s. 77–83.
- [15] Brand-Williams W., Cuvelier M., Berset, C., Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LWT Food Science Technology*, 1995, 28, s. 25–30.
- [16] Polska Norma, PN-R-04013, (1988), Analiza chemiczno-rolnicza roślin. Oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy.
- [17] Nillson T., Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* ssp. var. *Rubra* L.), *Lantbrukhog*, 1980, 36, s. 179–219.
- [18] Orłowski M., Kołota E., *Uprawa warzyw*, (red.) M. Orłowski, Wyd. Brasik, Szczecin 2000.
- [19] Stintzing F. C., Carle R., Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food and in human nutrition, *Trends Food Science Technology*, 2004, 15, s. 19–38.
- [20] Gawęda M., The effect of storage conditions on red beetroot quality, *Vegetable Crops Research Bulletin*, 2006, 65, s. 85–93.

Do cytowania:

Nizioł-Łukaszewska Z., Furman-Toczek D., Zagórska-Dziok M., Dynamika zmian zawartości barwników betalainowych i suchej masy podczas przechowywania buraków ćwikłowych (*Beta vulgaris* L.), *Herbalism*, 2018, 1 (4), s. 31–42