

DOROTA NOWAK, MARCIN KIDOŃ, MAGDALENA SYTA

## OCENA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCYCH SUSZY BURAKA ĆWIKŁOWEGO I SELERA W ZALEŻNOŚCI OD ZASTOSOWANYCH OPERACJI JEDNOSTKOWYCH

### Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu wstępnej obróbki cieplnej, stopnia rozdrobnienia oraz zastosowanej metody suszenia na zawartość substancji bioaktywnych: barwników betalainowych i przeciwutleniaczy w suszu z buraka ćwikłowego odmiany Bikores oraz polifenoli w suszu z selera odmiany Feniks. Susz z buraka zawierał od 5,25 do 10,64 mg/g s.s. barwników czerwonych, 2,62 do 6,20 mg/g s.s. barwników żółtych oraz aktywność przeciwutleniającą odpowiadającą 58 do 94  $\mu$ M Trolox/g s.s. Wartości te zmieniały się w szerokim zakresie w zależności od obróbki cieplnej, stopnia rozdrobnienia, jak i metody suszenia. Zawartość polifenoli w suszach z selera korzeniowego, przy tych samych zmiennych, zmieniała się w granicach od 17,5 do 23,5 mg/g s.s. w przeliczeniu na kwas chlorogenowy.

**Słowa kluczowe:** suszenie, konwekcja, podcierwień, blanszowanie, stopień rozdrobnienia

### Wprowadzenie

W ostatnim dziesięcioleciu zintensyfikowano badania nad związkami chemicznymi występującymi w owocach i warzywach, wykazującymi potencjalne właściwości przeciwutleniające [1]. Badania epidemiologiczne, wskazujące na mniejszą częstotliwość występowania pewnych chorób oraz mniejszą umieralność, szczególnie na choroby sercowo-naczyniowe i nowotworowe, w populacjach spożywających duże ilości owoców i warzyw, zwróciły uwagę na fakt, że w produktach tych występują substancje o właściwościach przeciwutleniających. Przeciwutleniaczami określa się związki chemiczne, które przeciwdziałają niekontrolowanym reakcjom utleniania, hamują procesy oksydacyjne zachodzące w komórkach i normalizują potencjał oksydoredukcyjny. Na szczególne podkreślenie zasługuje zdolność przeciwutleniaczy do wychwytywania

---

*Dr inż. D. Nowak, mgr inż. M. Syta, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, mgr inż. M. Kidoń, Zakład Technologii Owoców i Warzyw, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy im. A. Cieszkowskiego, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań*

wolnych rodników i reaktywnych form tlenu (ROS), które wpływają niszcząco na struktury komórkowe i tkankowe [6].

Buraki ćwikłowe zawdzięczają swoją charakterystyczną barwę obecności barwników betalainowych, w skład których wchodzi betacyjaniny o barwie czerwonej i betaksantyny o barwie żółtej [4]. Do betacyjanin należy betanina stanowiąca 75 – 95 % barwników czerwonych buraka. Betanina nazywana jest „wschodzącą gwiazdą wśród antyoksydantów” [3]. Jej zdolność do wychwytywania wolnych rodników jest znacznie większa niż antocyjanów, natomiast łatwiej wchłaniana jest z przewodu pokarmowego. Inną grupę związków o właściwościach antyoksydacyjnych stanowią związki fenolowe. Obecne w selerze związki polifenolowe to flawony (głównie luteolina i apigenina) będące podgrupą flawonoidów [9].

Zarówno burak ćwikłowy, jak i seler, spożywane są bardzo często w postaci przetworzonej, dlatego przeprowadzono badania mające na celu ocenę właściwości przeciwutleniających tych warzyw w postaci suszu. Analizowano również wpływ parametrów operacji poprzedzających suszenie oraz procesu suszenia na zawartość substancji wykazujących działanie przeciwutleniające.

### **Material i metody badań**

Do badań użyto buraka ćwikłowego odmiany Bikores oraz selera korzeniowego odmiany Feniks. Surowce zostały wyhodowane z zebrane w Zakładzie Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego PlantiCo w Zielonkach w 2007 r. Buraki, przed rozdrobieniem, poddano wstępnej obróbce cieplnej (para wodna, 40 min) [5]. Uwzględniając wyniki wcześniejszych prac, dotyczące negatywnego wpływu blanszowania na kinetykę suszenia selera, nie stosowano jego obróbki cieplnej. W przypadku obydwu warzyw analizowano trzy stopnie rozdrobnienia surowca, tj. wióry o grubości 2-3 mm, plastry gładkie i karbowane o grubości 5 mm. W celu określenia zmian wywołanych obróbką cieplną, suszeniu poddano również plastry karbowane buraka surowego.

Zastosowano suszenie dwoma metodami różniącymi się sposobem dostarczenia ciepła, tj. konwekcyjnie i promieniami podczerwonymi w zakresie bliskiej podczerwieni. Obydwa procesy prowadzono w tej samej komorze suszarki owiewowej. Podstawowe parametry suszenia konwekcyjnego to temp. powietrza wlotowego 70 °C przy prędkości przepływu 1,5 m/s, natomiast promiennikowego: odległość lamp od powierzchni materiału 20 cm, prędkość przepływu powietrza 1,5 m/s, temp. powietrza wlotowego 23 °C. Parametry te pozwoliły na uzyskanie końcowej temperatury materiału wynoszącej 69 °C, a więc takiej samej, jak w przypadku suszenia konwekcyjnego.

Do oznaczania zawartości barwników betalainowych oraz zdolności przeciwutleniającej suszy przygotowywano wodne ekstrakty z buraków. Ekstrahowano próbkę ok. 4 g suszu. Oznaczenia wykonywano metodą wg Nilssona [4]. Zawartość barwników

czerwonych wyrażano w mg betaniny w 1 g suchej substancji, barwników żółtych w mg wulgaksantyny w 1 g suchej substancji.

Zdolność przeciwutleniającą oznaczano metodą z kationorodnikiem ABTS wg Re i wsp. [7], a wyniki wyrażano w  $\mu\text{M}$  Troloxu w 1 g s.s. Oznaczenie przeprowadzono w ekstraktach wodnych, które posłużyły wcześniej do oznaczeń zawartości barwników.

Oznaczenie zawartości polifenoli w selerze korzeniowym wykonywano metodą spektrofotometryczną z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a przy długości fali 750 nm [8].

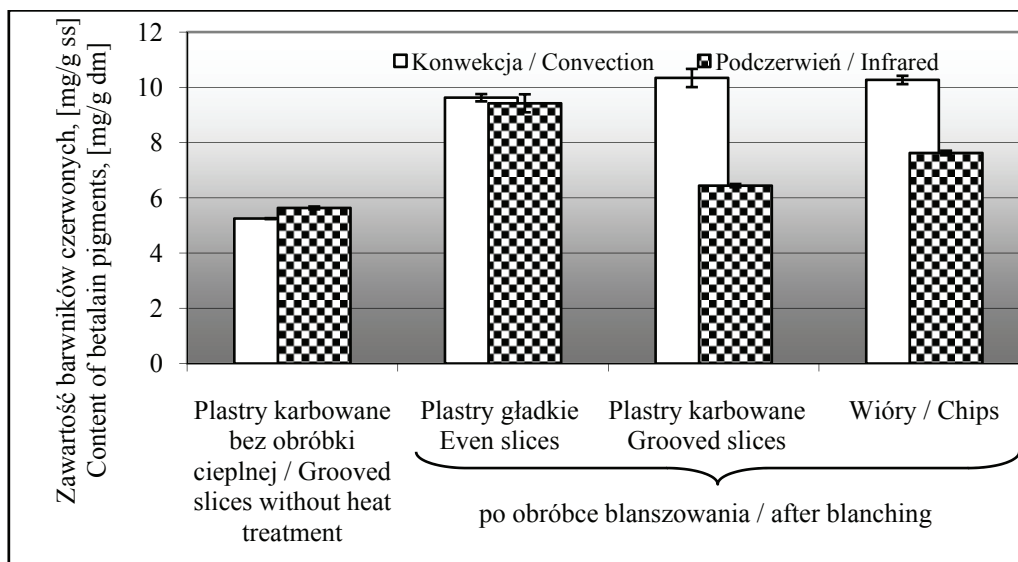
W opracowaniu matematycznym, graficznym i statystycznym wyników wykorzystano programy Microsoft Excel oraz Statgraphics Plus. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji. Zastosowano weryfikację hipotez za pomocą testu Duncana. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Zawartość czerwonych barwników betalainowych w suszach z buraka ćwikłowego była bardzo zróżnicowana zarówno w zależności od wstępnej obróbki cieplnej, jak i sposobu rozdrobnienia oraz metody suszenia. Susz w postaci plastrów karbowanych z buraków bez wstępnego parowania zawierał ok. 5,25 mg/g s.s. w przypadku suszenia konwekcyjnego oraz 5,64 mg/g s.s. po suszeniu podczerwienią, przy czym różnica ta nie była statystycznie istotna (rys. 1).

Susz o tym samym sposobie rozdrobnienia, lecz z buraka parowanego, zawierał zdecydowanie więcej barwników czerwonych: w suszu uzyskanym konwekcyjnie ich zawartość była blisko dwukrotnie większa, natomiast w suszu otrzymanym w wyniku suszenia promiennikowego o około 20 % większa. W warunkach takiej samej powierzchni właściwej (tego samego stopnia rozdrobnienia) materiału suszonego można stwierdzić, że wstępna obróbka cieplna miała pozytywny wpływ i pozwoliła na ograniczenie degradacji barwników czerwonych w trakcie suszenia. Wpływ ten był większy w przypadku suszenia konwekcyjnego, co być może wynikać ze specyfiki ogrzewania podczerwienią prowadzącej do przegrzewania powierzchni materiału w czasie suszenia, a tym samym ekspozycji na wyższe dawki ciepła. Zależność pomiędzy czasem ekspozycji na działanie wysokiej temperatury a degradacją barwników czerwonych wykazali Kidoń i Czapski [2]. Zmiana stopnia rozdrobnienia buraka parowanego, zarówno w kierunku większej, jak i mniejszej powierzchni właściwej, w przypadku suszenia konwekcyjnego nie prowadziła do istotnej zmiany zawartości czerwonych barwników betalainowych, natomiast w przypadku suszenia podczerwienią mniejsza powierzchnia właściwa plastrów gładkich pozwoliła na uzyskanie suszu o około 45 % większej zawartości barwników czerwonych w stosunku do plastrów karbowanych. Susz w postaci wiórów, mimo większej powierzchni właściwej, zawierał blisko 20 %

barwników więcej w porównaniu z plastrami karbowanymi. Efekt ten wynikał prawdopodobnie ze zdecydowanie krótszego czasu suszenia niezbędnego do uzyskania równowagowej zawartości wody (moment zakończenia procesu suszenia) w tym wariancie suszenia.



Rys. 1. Wpływ sposobu przygotowania buraka ćwikłowego oraz metody suszenia na zawartość czerwonych barwników betalainowych w suszu.

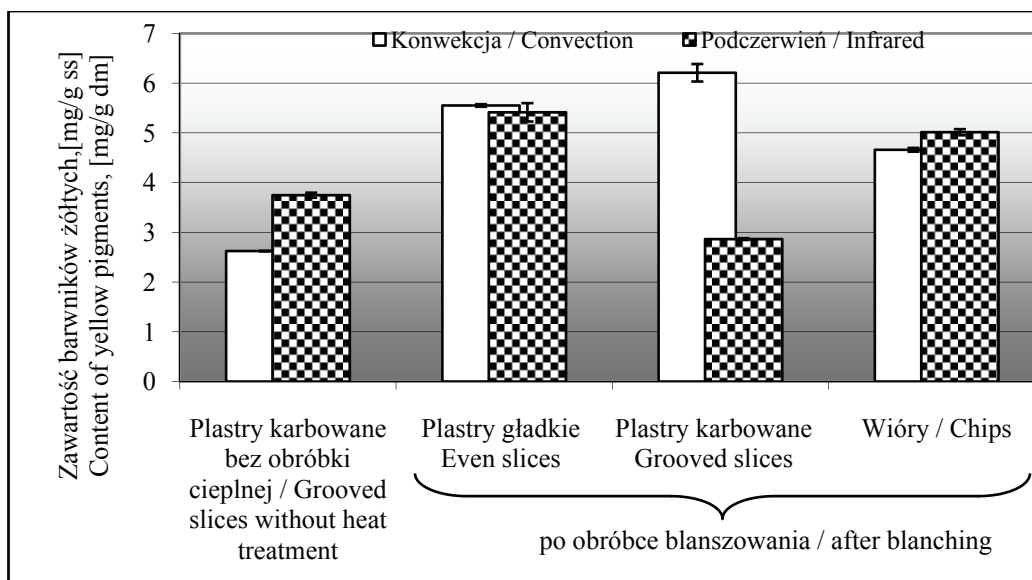
Fig. 1. Effect of pre-treatment of red beets and of drying method on the content of red betalain pigments in dried red beets.

Wstępna obróbka cieplna prowadziła do uzyskania większej zawartości barwników żółtych w przypadku suszenia konwekcyjnego - odpowiednio 2,62 i 6,21 mg/g s.s. (rys. 2). Użycie podczerwieni spowodowało uzyskanie suszu o większej zawartości tych związków w przypadku materiału bez obróbki cieplnej - w porównaniu z suszem konwekcyjnym - oraz prawie dwukrotnie mniejszej, gdy próbki buraka wstępnie parowano.

Zmiana stopnia rozdrobnienia spowodowała zmiany zawartości barwników żółtych w stopniu zbliżonym, jak w przypadku barwników czerwonych, niezależnie od tego, czy suszenie prowadzone było za pomocą gorącego powietrza czy promieniowania podczerwonego (rys. 2).

Analizując wyniki dotyczące zawartości związków wykazujących właściwości przeciwutleniające wobec kationorodnika ABTS, nie stwierdzono istotnego wpływu wstępnej obróbki cieplej ani w przypadku suszenia konwekcyjnego, ani w przypadku podczerwieni (rys. 3). Stwierdzono korzystny wpływ promieniowania podczerwonego

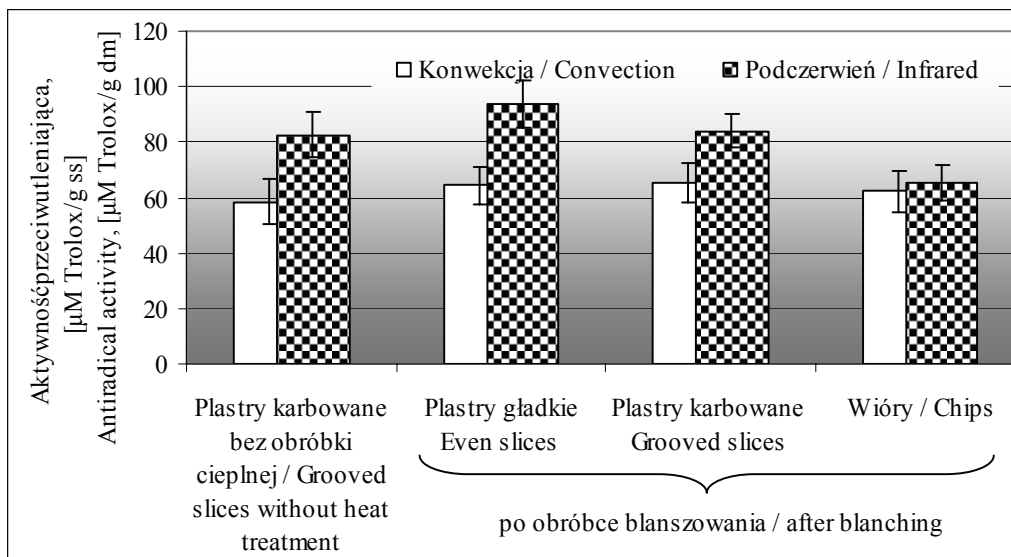
na zawartość przeciwutleniaczy – niezależnie od sposobu przygotowania materiału do suszenia uzyskano wartości wyższe (w trzech spośród czterech wariantów statystycznie istotnie) w przypadku suszu uzyskanego podczas suszenia promiennikowego w porównaniu z konwekcyjnym. Natomiast zastosowany stopień rozdrobnienia materiału, w poszczególnych metodach suszenia, nie spowodował statystycznie istotnego zróżnicowania zawartości substancji o właściwościach przeciwutleniających. Można jednak stwierdzić tendencję do zmniejszania zawartości przeciwutleniaczy w miarę zwiększania stopnia rozdrobnienia materiału, a więc i zwiększania powierzchni kontaktu materiału suszonego z przepływającym powietrzem, co musi wynikać z reakcji utleniania.



Rys. 2. Wpływ sposobu przygotowania buraka ćwikłowego oraz metody suszenia na zawartość żółtych barwników betalainowych w suszu.

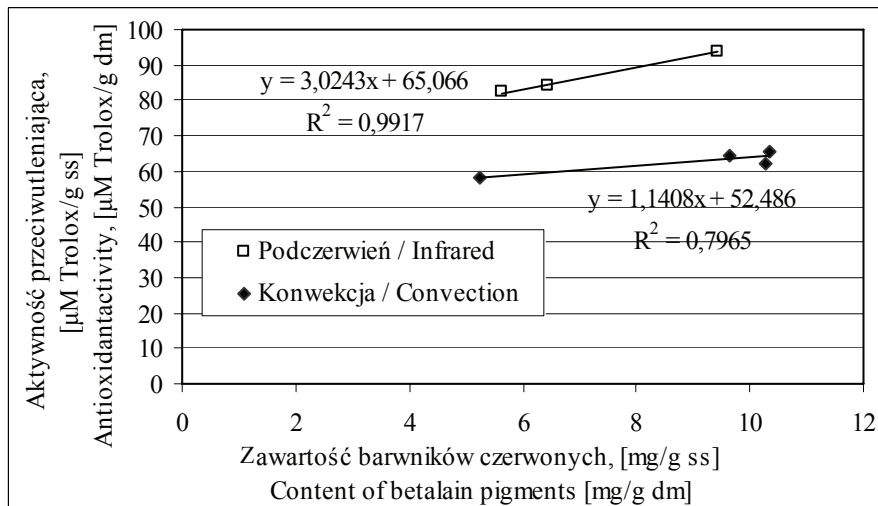
Fig. 2. Effect of pre-treatment of red beets and of drying method on the content of yellow betalain pigments in dried red beets.

Właściwości przeciwutleniające buraka czerwonego wynikają głównie z zawartości czerwonych barwników betalainowych. W przypadku suszy z buraka, badanych w niniejszej pracy, zależność pomiędzy zawartością barwników czerwonych a właściwościami przeciwutleniającymi w suszach uzyskanych poszczególnymi metodami ma charakter linii prostych zdecydowanie przesuniętych względem siebie (rys. 4).



Rys. 3. Wpływ sposobu przygotowania buraka ćwikłowego oraz metody suszenia na aktywność przeciwutleniającą suszu.

Fig. 3. Effect of pre-treatment of red beets and drying method on the antioxidant activity of dried red beets.

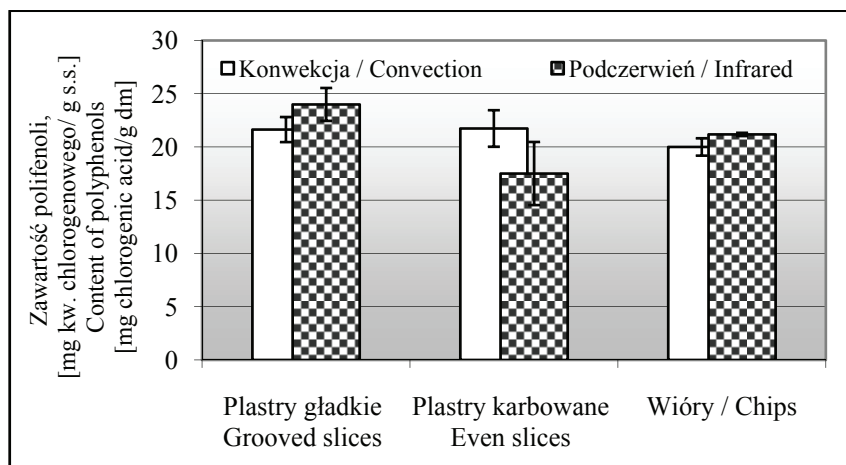


Rys. 4. Zależność między zawartością czerwonych barwników betalainowych a aktywnością przeciwutleniającą w suszach uzyskanych zastosowanymi metodami suszenia.

Fig. 4. Correlation between the content of red betalain pigments and the antioxidant activity showed by dried materials produced by the specific drying methods as applied in the drying process

Ich przebieg świadczy o tym, że w suszach znajdują się jeszcze inne związki chemiczne (powstałe prawdopodobnie w trakcie suszenia wskutek rozpadu niektórych substancji termolabilnych) wykazujące zdolność przeciwutleniającą, przy czym promieniowanie podczerwone stwarza lepsze warunki do ich powstawania. Suszenie podczerwienią charakteryzuje się lepszymi warunkami wymiany ciepła, a przez to krótszym czasem trwania tego procesu w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym, dlatego też powodu zróżnicowania należy upatrywać w mechanizmie adsorpcji promieniowania podczerwonego.

Zawartości polifenoli w selerze suszonym konwekcyjnie wynosiła w granicach od 20 do 22 mg /g s.s. (w przeliczeniu na kwas chlorogenowy) i stopień rozdrobnienia materiału nie stanowił czynnika istotnie wpływającego na ich poziom. Zróżnicowanie zawartości polifenoli w selerze suszonym promieniowaniem podczerwonym było większe i wynosiło w granicach od 17,5 do 23,5 mg/g s.s. (w przeliczeniu na kwas chlorogenowy), jednak również nie wykazało różnic statystycznie istotnych w zależności od stopnia rozdrobnienia materiału (rys. 5). Obserwowano również brak istotnych różnic zawartości polifenoli w zależności od poszczególnych stopni rozdrobnienia materiału, niezależnie od metody suszenia.



Rys. 5. Wpływ rozdrobnienia selera i metody suszenia na zawartości polifenoli w suszu.

Fig. 5. Effect of the degree of celeriac size reduction and of drying method on the content of polyphenolic in the dried material.

## Wnioski

1. W przypadku buraka ćwikłowego sposób przygotowania materiału do suszenia oraz zastosowana metoda suszenia wpływały na zawartość barwników betalainowych w otrzymanym suszu. Chcąc uzyskać susz o dużej zawartości czerwonych

- barwników betalainowych, spośród badanych parametrów należy rekomendować suszenie konwekcyjne buraka poddanego parowaniu i rozdrobnionego tak, aby zapewnić dużą powierzchnię właściwą (plastry karbowane, wióry).
2. W przypadku trzech, spośród czterech, badanych wariantów obróbki przed suszeniem, tj. plastrów gładkich blanszowanych, plastrów karbowanych blanszowanych i nieblanszowanych, suszenie za pomocą promieniowania podczerwonego okazało się korzystniejsze ze względu na uzyskanie materiału o większej zawartości związków wykazujących właściwości przeciwutleniające. Uwzględniając rodzaj suszenia, sposób obróbki wstępnej materiału przed suszeniem nie wpływał statystycznie istotnie na zawartość tych związków, choć zauważono tendencję do większej ich zawartości w przypadku mniejszej powierzchni właściwej materiału suszonego.
  3. Stopień rozdrobnienia ani metoda suszenia nie miały istotnego wpływu na zawartość polifenoli w suszu z selera korzeniowego.

*Praca, współfinansowana ze środków budżetowych przyznanych na lata 2007-2010 na realizację projektu badawczego nr N312 050 32/2700, była prezentowana podczas VI Konferencji Naukowej nt. „Nowoczesne metody analityczne w zapewnieniu jakości i bezpieczeństwa żywności”, Warszawa, 6 - 7 grudnia 2007 r.*

### Literatura

- [1] Borowska J.: Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy (Cz.1). Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2003, **5**, 11-12.
- [2] Kidoń M., Czapski J.: Wpływ obróbki termicznej na zawartość barwników betalainowych i zdolność przeciwutleniającą buraka ćwikłowego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2007, **1 (50)**, 124-131.
- [3] Mosiewicz, R.: Polski paradoks. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2003, **47 (4)**, 4.
- [4] Nillson T.: Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. *ssp. vulgaris* var. *rubra* L.). Lantbrukshoegsk. Ann., 1970, **36**, 179-218.
- [5] Pijanowski E., Mrożewski S., Jarczyk A., Drzazga B.: Technologia produktów owocowych i warzywnych. T. 2. PWRiL, Warszawa 1976.
- [6] Sokół-Lętowska A., Oszmiański J., Wojdyło A.: Antioxidant activity of the phenolic compounds of hawthorn, pine and skullcap. Food Chem., 2007, **103**, 853-859.
- [7] Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, 1999, **26**, 9-10, 1231-1237.
- [8] Singleton L., Orthofer R., Lamuela-Raventions R.M.: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymol., 1999, **299**, 152-178.
- [9] Wilska-Jeszka J.: Inne naturalne składniki żywności. W: Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności (pod red. Sikorskiego, Z. E). WNT, Warszawa, 1994, s. 461-476.



**ASSESSING CHANGES IN ANTIOXIDANT ACTIVITY OF DRIED RED BEET AND CELERIAC DEPENDING ON INDIVIDUAL OPERATIONS APPLIED****S u m m a r y**

The objective of the study was to determinate the effect of heat pre-treatment, level of size reduction, and drying method on the content of bioactive substances, i.e. betalain pigments and antioxidants in dried red beets, Bikores v., as well as polyphenolic in dried celeriac, Feniks v.. The dried red beet contained red pigment amounts ranging from 5.25 to 10.64 mg/g d.m., yellow pigment amounts from 2.62 to 6.20 mg/g d.m.; its antioxidant activity was from 58 to 94  $\mu$ M Trolox/g dm.

Those values varied in a wide range depending on the heat pre-treatment, the degree of size reduction, and the drying method. The content of polyphenolic content in dried celeriac varied, with the same variables applied, between 17.5 to 23.5 mg/g d.m, expressed in chlorogenic acid/g d.m.

**Key words:** drying, convection, infrared, level of size reduction, blanching, degree of size reduction 