

WPŁYW WIELKOŚCI I CZĘŚCI KORZENIA BURAKA ĆWIKŁOWEGO ODMIANY BONEL NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH ZWIĄZKÓW I AKTYWNOŚĆ PRZECIWUTLENIAJĄCĄ SOKU

Katarzyna Gościnną^{✉1}, Janusz Czapski²

¹Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

²Uniwersytet Przyrodniczy im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Streszczenie. W pracy badano wpływ wielkości i części korzenia buraka ćwikłowego na zawartość barwników betalainowych, betainy, azotanów(V) oraz na aktywność przeciwutleniającą soku z buraka ćwikłowego odmiany Bonel. Surowiec podzielono pod względem masy na cztery grupy wielkościowe: A – 151–200, B – 201–300, C – 301–400, D – >400 g. W obrębie każdej grupy korzenie krojono poprzecznie do osi na cztery części, umownie oznaczone: G, GCP, ŚCP i DCP. Z tak podzielonych buraków przygotowano sok. Stwierdzono, że wartości wszystkich badanych wyróżników zależały od wielkości i części korzenia. Największą zawartość barwników betalainowych miały soki z korzeni buraków z grupy wielkościowej A. Korzenie z grupy wielkościowej C i D odznaczały się największą zawartością azotanów(V). W porównaniu ze środkowymi częściami korzenia buraka, górna i dolna części miały większą zawartość barwników i większą aktywność przeciwutleniającą, ale mniejszą zawartość azotanów(V). Aktywność przeciwutleniająca soku była istotnie skorelowana z zawartością barwników.

Słowa kluczowe: burak ćwikłowy, barwniki betalainowe, betaina, azotany(V), aktywność przeciwutleniająca

WSTĘP

Najważniejszym narzędziem w kształtowaniu właściwości i jakości produktu żywnościowego jest odpowiedni dobór surowca. Wykorzystanie surowca o dużej zawartości związków biologicznie aktywnych, ale o małej zawartości substancji antyodżywczych

[✉]katarzyna.goscinna@utp.edu.pl

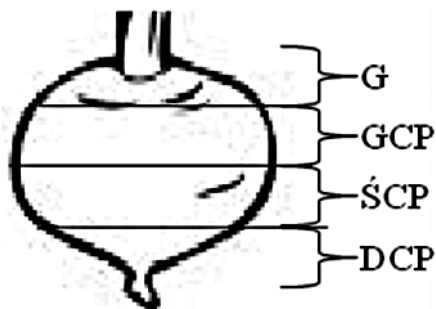
przy zastosowaniu odpowiednich technologii jego przetwarzania pozwala uzyskać produkt o dużej wartości prozdrowotnej.

Burak ćwikłowy jest bogaty w barwniki betalainowe, betainę i azotany(V). Wśród barwników betalainowych wyróżnia się fioletowe betacyjany i żółte betaksantyny, które wykazują aktywność przeciwutleniającą wobec cząsteczek biologicznych [Czapski i in. 2011, Zielińska-Przyjemska i in. 2012]. Występująca w burakach trimetyloglicyna, zwana zwykle betainą, jest donorem grup metylowych w wielu procesach metabolicznych [Kim i Kim 2005]. Do najważniejszych funkcji betainy jako donora grup metylowych należy udział w przekształcaniu homocysteiny w metioninę [Hagar i Malik 2014]. Azotany kojarzą się negatywnie za sprawą N-nitrozoamin, które powstają pośrednio z azotanów(V) w kwaśnym środowisku żołądka i jak powszechnie uważa się, mogą być przyczyną chorób nowotworowych [Bryan i van Grinsven 2013]. Azotany(V) mogą równocześnie spełniać ważne i dobroczynne funkcje w organizmie człowieka. Większość z tych funkcji związanych jest bezpośrednio z działaniem powstającego z azotanów(V) tlenku azotu (NO). Do ważniejszych właściwości tego związku należą zdolność do obniżania napięcia naczyń krwionośnych, hamowania agregacji płytek krwi oraz wpływ na poprawę wydolności fizycznej organizmu [Bryan i in. 2012, Lundberg i in. 2013].

Celem pracy było zbadanie wpływu wielkości i części korzenia buraka ćwikłowego na przykładzie odmiany Bonel na zawartość barwników betalainowych, betainy i azotanów(V) oraz na aktywność przeciwutleniającą soku z buraka ćwikłowego.

MATERIAŁ I METODY

Odmiana Bonel charakteryzowała się korzeniami średniej wielkości, o kształcie kulistym, z małą wyrazistością pierścieni. Buraki zakupiono w handlu detalicznym. Po umyciu korzenie podzielono pod względem masy na cztery grupy wielkościowe: A – korzenie o masie 151–200 g (średnia 171 g), B – korzenie o masie 201–300 g (średnia 237 g), C – korzenie o masie 301–400 g (średnia 335 g), D – korzenie o masie powyżej 400 g (średnia 439 g). Korzenie umyto, a następnie w obrębie każdej grupy krojono je poprzecznie do osi na cztery części, które umownie nazwano: główką z górną częścią podliścieniową (G), górną częścią podliścieniową (GCP), środkową częścią podliścieniową (ŚCP) i dolną częścią podliścieniową (DCP) – rysunek 1. Poszczególne części stanowiły średnio: G – 23,2 ± 1,3%, GCP – 34,2 ± 1,8%, ŚCP – 32,4 ± 2,0%, DCP – 10,8 ± 0,6% całego



Rys. 1. Sposób podziału korzenia buraka ćwikłowego na części: G – główka z górną częścią podliścieniową, GCP – górna część podliścieniowa, ŚCP – środkowa część podliścieniowa, DCP – dolna część podliścieniowa

Fig. 1. The allocation of red beet root into parts: G – head with the upper under leaf part, GCP – upper under leaf part, ŚCP – the central under leaf part, DCP – the bottom under leaf part

korzenia. Z tak przygotowanych części uzyskano sok za pomocą sokowirówki typu ZJE 1200G. W poszczególnych częściach korzeni oznaczono zawartość barwników betalainowych metodą różnicową według Nilssona [1970], zawartość azotanów(V) [Marten i Harms 2004] i betainy [MacKinnon i in. 2010] metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC oraz aktywność przeciwutleniającą z kationorodnikiem ABTS [Re i in. 1999].

Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 12.0. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dwuczynnikowej (I – czynnik wielkość korzenia, II – czynnik część korzenia buraka ćwikłowego). Istotność różnic między średnimi wyznaczono przy użyciu przedziałów ufności Tukeya dla poziomu istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartości badanych składników oraz aktywność przeciwutleniającą soku z buraków o różnych wielkościach przedstawiono w tabeli 1. Zawartość barwników fioletowych zmniejszała się wraz ze wzrostem wielkości korzenia: od 820 dla grupy A do 456 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dla grupy wielkościowej D. Tak wyraźnej zależności nie stwierdzono w przypadku barwników żółtych. Zdecydowanie największa ich zawartość była w przypadku soków z grupy A (607 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), w pozostałych grupach była około dwa razy mniejsza (tab. 1). Stwierdzono większą korelację między zawartością fioletowych i żółtych barwników betalainowych (tab. 2). W przypadku odmiany Wodan, dla której przeprowadzono podobne badania, uzyskano inne wyniki. Zawartość barwników fioletowych wynosiła od 1173 do 1454 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, a żółtych od 736 do 1065 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ [Czapski i in. 2011]. Korzenie odmiany

Tabela 1. Zawartość barwników fioletowych, żółtych, betainy, azotanów(V) i aktywności przeciwutleniającej (ABTS) w zależności od wielkości korzenia buraków

Table 1. Content red and yellow pigments, betaine, nitrates and antioxidant capacity (ABTS) depending on the size of beetroot roots

Grupa wielkości Group weight	Część korzenia Part roots	Barwniki fioletowe Purple pigments [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Barwniki żółte Yellow pigments [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Betaina Betaine [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Azotany(V) Nitrate(V) [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	Aktywność przeciwutleniająca ABTS [$\text{mmol Trolox}\cdot\text{l}^{-1}$]
A 151–200 g	cały korzeń all root	820 \pm 11 ^d	607 \pm 8 ^d	1425 \pm 20 ^a	1498 \pm 25 ^a	10,3 \pm 0,5 ^c
B 201–300 g	cały korzeń all root	582 \pm 10 ^c	312 \pm 6 ^b	1761 \pm 16 ^d	1915 \pm 20 ^b	12,1 \pm 0,2 ^d
C 301–400 g	cały korzeń all root	542 \pm 9 ^b	299 \pm 8 ^a	1542 \pm 16 ^c	2333 \pm 15 ^d	9,2 \pm 0,3 ^b
D >400 g	cały korzeń all root	456 \pm 7 ^a	342 \pm 9 ^c	1482 \pm 18 ^b	2057 \pm 24 ^c	8,7 \pm 0,2 ^a

a, b, ... – wartości średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$).

a, b, ... – mean values marked by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

Tabela 2. Współczynniki korelacji między badanymi wyróżnikami soków z buraka ćwikłowego odmiany Bonel

Table 2. Correlation coefficients between the parameters of juice of beetroot roots Bonel variety

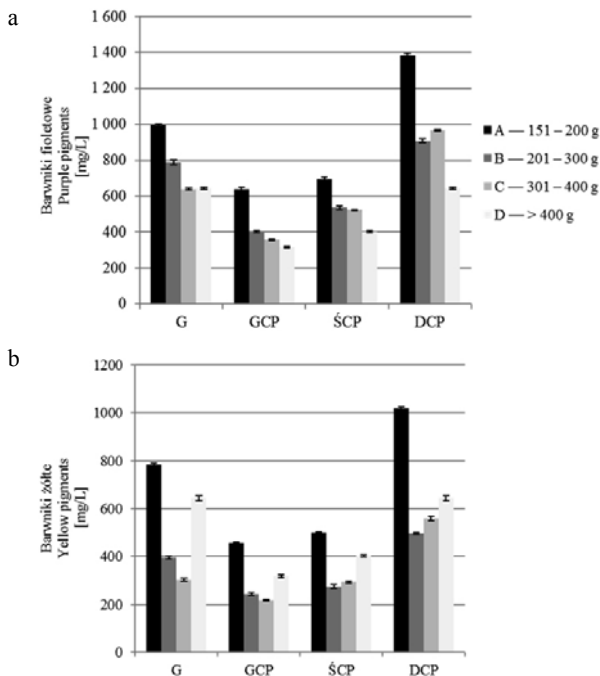
Parametr Parameter	Barwniki fioletowe Purple pigments	Barwniki żółte Yellow pigments	Betaina Betaine	Azotany(V) Nitrate(V)	Aktywność przeciw- utleniająca Antioxidant capacity
Barwniki fioletowe Purple pigments	1,000	0,906	0,052	-0,328	0,888
Barwniki żółte Yellow pigments	×	1,000	0,141	-0,201	0,867
Betaina Betaine	×	×	1,000	0,199	0,177
Azotany(V) Nitrate(V)	×	×	×	1,000	-0,284
ABTS	×	×	×	×	1,000

Wyróżnione współczynniki są istotne na poziomie $p \leq 0,05$.

Marked correlation coefficients are significant $p \leq 0.05$.

Bonel w porównaniu z korzeniami odmiany Wodan są znacznie większe, co oprócz odmiany mogło wpłynąć na różnice w zawartości tych związków. Zarówno w przypadku barwników fioletowych, jak i żółtych obserwowano spadek zawartości wraz ze wzrostem wielkości korzenia. Zmniejszanie się zawartości barwników fioletowych wraz ze wzrostem masy korzenia obserwowano również we wcześniejszych badaniach własnych autorów artykułu, które przeprowadzono na 14 odmianach buraków ćwikłowych [Gościnną i in. 2012].

Duże różnice w zawartości barwników betalainowych mogą zależeć od wielu czynników. Oprócz wspomnianej wcześniej odmiany i wielkości korzenia wpływ może mieć także kształt korzenia, warunki klimatyczne i agrotechniczne [Mazza i Chubey 1985, Gościnną i in. 2012]. Sapers i Hornstein [1979] wykazali dużą zmienność zawartości różnych składników podczas badań 48 odmian buraka ćwikłowego. We wcześniejszych badaniach autorów artykułu również stwierdzono istotne różnice w zawartości betacyjanów w korzeniach 14 odmian buraka ćwikłowego [Gościnną i in. 2012]. Poziom barwników fioletowych kształtował się w zakresie od 805 do 1457 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dla odmiany Nochowski, a barwników żółtych od 343 do 646 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ dla odmiany Boro [Gościnną i in. 2012]. Badania na 12 odmianach przeprowadzone przez Watsona i Gabelmana [1982] wykazały, że zawartość betacyjanów może się zwiększać, zmniejszać lub pozostawać stała w czasie okresu wegetacji, a różnice te zależą zarówno od genotypu, jak i terminu siewu. W każdej grupie wielkościowej największą zawartością barwników betalainowych, zarówno fioletowych (rys. 2a), jak i żółtych (rys. 2b), miały soki ze skrajnych części korzenia górnej (G) i dolnej podłścieniowej (DCP). W grupie wielkościowej A zawartość barwników betalainowych była ponad dwa razy większa w skrajnych częściach korzenia w porównaniu z jego środkowymi częściami. Analogiczne wyniki uzyskano dla wcześniej wspomnianej odmiany Wodan [Czapski i in. 2011].

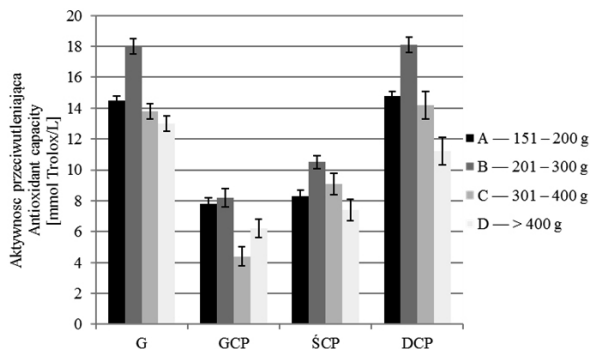


Rys. 2. Zawartość (a) barwników fioletowych i (b) żółtych w soku w zależności od masy i części korzenia buraka ćwikłowego

Fig. 2. Content (a) purple and (b) yellow pigments depending on the size and the parts of beet-root roots

Największą aktywnością przeciwutleniającą stwierdzono w sokach z części górnej (G) i dolnej podłścieniowej (DCP) korzenia, które zawierały najwięcej barwników fioletowych i żółtych (rys. 3). Wyniki te potwierdzają nasze wcześniejsze badania autorów artykułu, które przeprowadzono na odmianie Wodan [Czapski i in. 2011]. Aktywność przeciwutleniająca soków z buraka ćwikłowego była związana z zawartością barwników fioletowych i żółtych, na co wskazują wysokie współczynniki korelacji między zawartością tych związków a aktywnością przeciwutleniającą mierzoną metodą z kationorodnikiem ABTS⁺. Uzyskane współczynniki korelacji kształtowały się na podobnym poziomie i wynosiły 0,888 i 0,867 odpowiednio dla barwników fioletowych i żółtych (tab. 2). Według Mikołajczyk i Czapskiego [2006] znacznie większą aktywność przeciwutleniającą wykazują barwniki fioletowe oraz produkty ich rozpadu niż barwniki żółte.

Georgiev i inni [2010] porównywali zawartość fioletowych i żółtych barwników betalainowych, polifenoli oraz aktywność przeciwutleniającą mierzoną metodą ORAC i DPPH w ekstraktach z korzeni buraków ćwikłowych i z włośnikowych kultur korzeni buraków ćwikłowych uzyskanych metodą *in vitro*. Badacze stwierdzili większą aktywność przeciwutleniającą w ekstraktach z włośnikowych kultur korzeni, w których odnotowali mniejszą zawartość betacyjanów oraz większą zawartość betaksantyn i polifenoli w porównaniu z ekstraktami z korzeni buraków ćwikłowych.

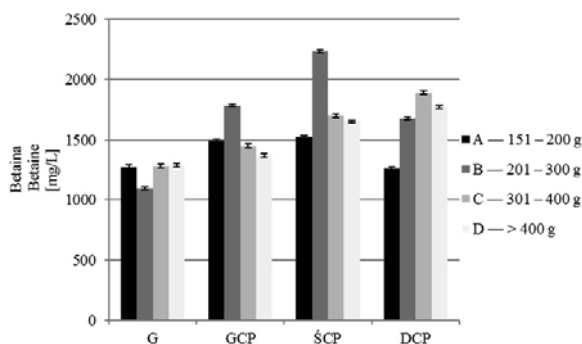


Rys. 3. Aktywność przeciwutleniająca w soku w zależności od masy i części korzenia buraka ćwikłowego

Fig. 3. Antioxidant capacity depending on the size and the parts of beetroot roots

Autorzy sugerują znaczny udział związków polifenolowych w kształtowaniu zdolności przeciwutleniającej.

Zawartość betainy kształtowała się w zakresie od 1093 do 1890 mg·l⁻¹ soku (rys. 4). Według badań innych autorów zawartość tego związku w burakach ćwikłowych mieści się w granicach od 750 do 1300 mg·kg⁻¹ [De Zwart i in. 2003, Patterson i in. 2008]. Większą zawartość betainy równą 2264 mg·l⁻¹ miała odmiana Turkus [Gościńska i Czapski 2013].

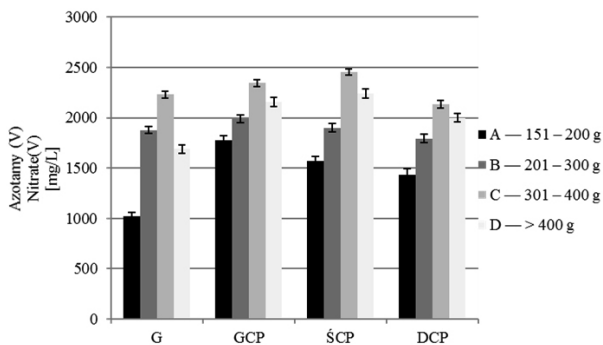


Rys. 4. Zawartość betainy w soku w zależności od masy i części korzenia buraka ćwikłowego

Fig. 4. Content betaine depending on the size and the parts of beetroot roots

Zawartość azotanów(V) była bardzo zróżnicowana w poszczególnych grupach wielkościowych oraz częściach korzenia buraka ćwikłowego i wynosiła od 1023 do 2456 mg·l⁻¹ soku (rys. 5). Jeszcze większe zróżnicowanie obserwowano dla odmiany Wodan. Zawartość azotanów(V) kształtowała się w zakresie od 1177 do 3152 mg·l⁻¹ soku [Czapski i in. 2011]. Zawartość tych związków w burakach ćwikłowych zależy przede wszystkim od wielkości nawożenia azotowego, zabiegów agrotechnicznych oraz fazy wzrostu rośliny. Duża zawartość azotanów(V) przy złym sposobie przechowywania

surowca może sprzyjać powstawaniu toksycznych dla organizmu azotanów(III) [Phillips 1968]. We wszystkich grupach wielkościowych zaobserwowano większe zawartości azotanów(V) dla środkowych części korzenia, tj. GCP i ŚCP, w porównaniu ze skrajnymi jego częściami. Najmniej azotanów(V) na jednostkę barwników fioletowych było w sokach ze skrajnych części korzenia – G oraz DCP (rys. 5).



Rys. 5. Zawartość azotanów(V) w soku w zależności od masy i części korzenia buraka ćwikłowego

Fig. 5. Content nitrates depending on the size and the parts of beetroot roots

Dwuczynnikowa analiza wariancji pozwoliła stwierdzić, że wartości wszystkich badanych wyróżników zależały od wielkości i części korzenia. W większości przypadków istotna była również interakcja tych dwóch zmiennych.

WNIOSKI

1. Zawartość barwników fioletowych, żółtych, azotanów(V) i aktywność przeciwutleniająca soków zależały od masy i części korzenia buraka ćwikłowego.

2. Największą zawartość barwników fioletowych i żółtych miały soki z korzeni buraków o najmniejszej masie z grupy wielkościowej A (151–200 g). Największą aktywność przeciwutleniającą i zawartość betainy miały korzenie z grupy wielkościowej B.

3. Korzenie z grupy wielkościowej C i D miały największą zawartość azotanów(V) w porównaniu do korzeni z grup A i D.

4. W porównaniu ze środkowymi częściami korzenia buraka, górna i dolna części miały większą zawartość barwników i większą aktywność przeciwutleniającą, ale mniejszą zawartość azotanów(V).

Podziękowania

Praca została zrealizowana w ramach projektu „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych”, PO IG 01.01.02-00-061/09, realizowanego w latach 2010–2014 na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu.

LITERATURA

- Bryan N.S., Alexander D.D., Coughlin J.R., Milkowski A.L., Boffetta P., 2012. Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: An updated review. *Food Chem. Tox.*, 50, 3646–3665.
- Bryan N.S., van Grinsven H., (2013). The role of nitrate in human health. *Adv. Agronomy*. 119, 153–192.
- Czapski J., Gościńska K., Kidoń M., Cegiłka A., Sawicki T., 2011. Sok z buraka ćwikłowego. Wpływ masy i części korzenia buraka na wyróżniki soku. *Przem. Spoż.* 65(11), 50–52.
- De Zwart F.J., Slow S., Payne R.J., Lever M., George P.M., Gerrard J.A., Chambers S.T., 2003. Glycine betaine and glycine betaine analogues in common foods. *Food Chem.* 83(2), 197–200.
- Georgiev V.G., Weber J., Kneschke E.-M., Denev P.N., Bley T., Pavlov A.I., 2010): Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit Dark Red. *Plant Foods for Human Nutr.* 65(2), 105–111.
- Gościńska K., Czapski J., 2013. Wpływ odmiany na zawartość barwników betalainowych, betainy, azotanów i cechy sensoryczne soków z buraka ćwikłowego. *Przem. Ferm. Ow. Warz.* 57(11), 9–11.
- Gościńska K., Czapski J., Mikołajczyk-Bator K., Kidoń M., 2012. Zawartość barwników betalainowych, azotanów i zdolność przeciwutleniająca soków z buraka ćwikłowego w zależności od odmiany i wielkości korzenia. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna* 17(3), 85–90.
- Hagar H., Malik W.A., 2014. Betaine supplementation protects against renal injury induced by cadmium intoxication in rats: Role of oxidative stress and caspase-3. *Environ. Toxicol. Pharm.* 37, 803–811.
- Kim S.K., Kim Y.C., 2005. Effects of betaine supplementation on hepatic metabolism of sulfur-containing amino acids in mice. *J. Hepat.* 42(6), 907–913.
- Lundberg J.O., Weitzberg E., 2013. Biology of nitrogen oxides in the gastrointestinal tract. *Gut.* 62(4), 616–629.
- MacKinnon S.L., Hiltz D., Ugarte R., Craft C.A., 2010. Improved methods of analysis for betaines in *Ascophyllum nodosum* and its commercial seaweed extracts. *J. Appl. Phycol.* 22, 489–494.
- Marten S., Harms J., 2004. Determination of nitrite and nitrate in fruit and vegetable juices by UV detection. W: *The Applications Book*, Knauer, Germany, 23–24.
- Mazza G., Chubey B.B., 1985. Influence of cultivar and growing season on pigments, soluble solids and root yield of red beets. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 18, 382–384.
- Mikołajczyk K., Czapski J., 2006. Zdolność antyoksydacyjna i zawartość barwników betalainowych w różnych odmianach buraka ćwikłowego. *Bromat. Chem. Toksykol.* 39, 437–441.
- Nilsson T., 1970. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). *Lantbrukshogskolans Annaler.* 36, 179–197.
- Patterson K.Y., Bhagwat S.A., Williams J.R., Howe J.C., Holden J.M., 2008. USDA database for the choline content of common foods. Release 2.
- Phillips W.E.J., 1968. Changes in the nitrate and nitrite contents of fresh and processed spinach during storage. *J. Agric. Fd. Chem.* 16, 88.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26, 9/10, 1231–1237.
- Sapers G.M., Hornstein J.S., 1979. Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments. *J. Food Sci.* 44(4), 1245–1248.

- Watson J.F., Gabelman W.H., 1982. Seasonal changes and cultivar differences in pigment concentrations and percent dissolved solids in roots of table beets. *J. Am. Soc. for Hort. Sci.* 105, 713–716.
- Zielińska-Przyjemka M., Olejnik A., Kostrzewa A., Łuczak M., Jagodziński P.P., Baer-Dubowska W., 2012. The beetroot component betanin modulates ROS production, DNA damage and apoptosis in human polymorphonuclear neutrophils. *Phyto. Res.* 26(6), 845–852.

EFFECT ON THE SIZE AND PARTS OF BEETROOT ROOTS ON HEALTH PROMOTING COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT CAPACITY JUICE

Summary. The aim of the work was to estimate the content of betalain pigments, betaine, nitrate and antioxidant capacity of beetroot juice depending on the weight and the parts of root. The roots of red beet variety Bonel were divided according to their weight into four groups: A – roots of mass below 100 g (average 80 g); B – roots of mass 101–200 g (average 147 g); C – roots of mass 201–300 g (average 261 g); D – roots of mass above 300 g (average 469 g). Then were divided transverse to the axis into four parts conventionally called G – head, GCP – upper under leaf part, ŚCP – the central under leaf part, DCP – the bottom under leaf part, and then was prepared juice. It was found that the content of all studied traits the juice significantly depended on the size and parts of beetroot roots. Large differences were found in betalains, betaine and nitrate(V) contents depending on the size of beetroot roots. The highest content of purple and yellow pigments were characterized by the juices of beet roots with the lowest weight group size A (151–200 g). The content purple pigments equal from 820 mg·L⁻¹ for the group size A to 456 mg·L⁻¹ for the group size D (above 400 g). In the case of yellow pigments downward trend was not observed. Antioxidant capacity decreased with increasing root weight. The antioxidant capacity of juice is significantly correlated with pigment contents. The content of betaine developed in the range of from 1,093 to 1,890 mg·L⁻¹ of juice. The roots from the groups size B (201–300 g) and C (301–400 g) compared to the roots of the groups size A and D characterized by the highest content of nitrates(V). Compared to the middle parts of beetroot (GCP and ŚCP), upper (G) and lower (DCP) part were characterized by a higher content of betalain pigments, higher antioxidant capacity and lower content of nitrates(V). The results may be helpful in designing beetroot based products, with different proportions between the content of pigments and nitrate(V).

Key words: beetroot, betalain pigments, betaine, nitrate(V), physical capacity