

Przesłano: 14-08-2023

Zaakceptowano do druku: 12-12-2023



## WŁAŚCIWOŚCI ODŻYWCZE I FUNKCJONALNE BURAKA ĆWIKŁOWEGO (*BETA VULGARIS* L. SUBSP. *VULGARIS*)

Joanna Kobus-Cisowska<sup>1</sup>, Marcin Dziedziński<sup>2</sup>  
Krystyna Szymandera-Buszka<sup>3</sup>, Małgorzata Neumann<sup>4</sup>

**Abstrakt:** Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) to grupa jednorocznych, dwuletnich i trwałych odmian uprawnych. W Polsce uprawianych jest ponad 50 odmian buraka ćwikłowego, a jego produkcja sięga 240 tys. ton. Buraki są dobrym źródłem węglowodanów, są także ubogie w tłuszcz, dzięki czemu jest to warzywo niskokaloryczne. Co więcej, są źródłem składników mineralnych i witamin, tj. potasu, magnezu, folianów oraz związków bioaktywnych, takich jak betalainy czy flawonoidy. Dzięki obecności fitozwiązków buraki posiadają naturalne właściwości przeciwanemiczne, przeciwzapalne, przeciwnadciśnieniowe, przeciwutleniające, przeciwnowotworowe, przeciwgorączkowe, przeciwbakteryjne, odtruwające i moczopędne.

**Słowa kluczowe:** *Beta vulgaris*, burak ćwikłowy, uprawa, fitozwiązki, składniki mineralne, wartość odżywcza

JEL: O13, Q15

## NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF BEET (*BETA VULGARIS* L. SUBSP. *VULGARIS*)

Joanna Kobus-Cisowska<sup>1</sup>, Marcin Dziedziński<sup>2</sup>,  
Krystyna Szymandera-Buszka<sup>3</sup>, Małgorzata Neumann<sup>4</sup>

**Abstract:** Beetroot (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) belong to the group of annual, biennial and durable cultivars. In Poland, over 50 varieties of beetroot are cultivated, and its production reaches 240,000 tons. The deficiencies are good supporting action, they are

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy (work input): 30% | ORCID: 0000-0003-2834-0405 | e-mail: joanna.kobus@up.poznan.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy (work input): 30% | ORCID: 0000-0003-1069-0095 | e-mail: marcin.dziedzinski@up.poznan.pl

<sup>3</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy (work input): 15% | ORCID: 0000-0003-0264-6027 | e-mail: krystyna.szymandera-buszka@up.poznan.pl

<sup>4</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy (work input): 15% | ORCID: 0009-0002-5062-1430 | e-mail: malgorzata.neumann@up.poznan.pl

low in fats, making it a low-calorie vegetable. What's more, they are a source of minerals and vitamins, i.e. potassium, magnesium, folates, and bioactive substances, i.e. betalains, flavonoids. Because of phytochemicals content, beetroot have natural anti-anemic, anti-inflammatory, anti-hypertensive, antioxidant, anti-cancer, anti-pyretic, anti-bacterial, detoxifying and diuretic properties.

**Keywords:** beetroot, cultivation, phytochemicals, minerals, nutritional value

**JEL Classification:** O13, Q15

## 1. Wstęp

Burak ćwikłowy (*Beta vulgaris L. subsp. vulgaris*) to grupa jednorocznych, dwuletnich i trwałych odmian uprawnych pochodzących pierwotnie z rejonu Azji Zachodniej, natomiast obecnie rozpowszechniony na całym świecie (Mirmiran i in., 2020). Te jadalne warzywa z rodziny szarłatowatych (*Amaranthaceae Juss.*) wstępują w wielu odcieniach, od żółtego do czerwonego (Gokhale i Lele, 2014). Część jadalną stanowi korzeń spichrzowy, którego kształt jest cechą odmianową (Carvalho i in., 2023). Burak ćwikłowy jest jednym z najczęściej uprawianych warzyw w Polsce, a jego produkcja sięga 240 tys. t. Na polskich polach uprawianych jest ponad 50 odmian buraka ćwikłowego, zarówno o kształcie owalnym jak i okrągłym (Nizioł-Łukaszewska i Gawęda, 2015). Do najpopularniejszych odmian w Polsce należą Astar F1, Boro F1, Ceryl, Chrobry, Czerwona Kula, Egipski, Karmazyn, Nabab F1, Nochowski, Opolski, Pablo F1, Patryk, Regulski Cylinder, Okrągły Regulski oraz Rywal (Nizioł-Łukaszewska i Gawęda, 2015). Burak ćwikłowy to warzywo korzeniowe cenione szczególnie z uwagi na szerokie zastosowanie kulinarne, a krajowe spożycie szacuje się na 12-14 kg na mieszkańca na rok (Bieganska-Marecik i in., 2007). Buraki można jeść na surowo, używać do produkcji soków, piec, gotować a nawet kisić (Babarykin i in., 2019). Na polskich stołach od dawna goszczą buraki, które służą do przygotowywania różnorodnych potraw i przetworów. Wśród nich znajdują się popularne dania, tj. zakwas buraczany, barszcz czerwony w wersji klasycznej lub zabiłanej, a także ciepła duszona jarzyna oraz ćwikła, często podawana z chrzanem, towarzysząca zimnym mięsom i wędlinom (Ogrodowska, 2012). Uważa się, że korzeń buraka jako bogate źródło związków bioaktywnych i składników odżywczych ma właściwości prozdrowotne, przeciwutleniające i przeciwzapalne, działanie przeciwnowotworowe i przeciw cukrzycowe oraz właściwości hepatoprotective i hipotensyjne (Mirmiran i in., 2020). Obecnie buraki są stosowane jako składnik funkcjonalny w opracowywaniu żywności funkcjonalnej oraz suplementów diety, a nawet są składnikami leków (Mirmiran i in., 2020).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki uprawy buraka w Polsce, jego właściwości odżywczych i funkcjonalnych oraz wskazanie roli tego warzywa i produktów z niego pozyskiwanych w diecie człowieka.

## 2. Charakterystyka botaniczna i uprawa

W pierwszym roku wzrostu buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) zachodzi intensywny rozwój korzenia, który przyjmuje postać grubej i mięsistej struktury z licznymi pierścieniami, gromadzącymi substancje zapasowe w jego miększowej części. Jednocześnie w tym okresie roślina wytwarza rozetę liści, które mają charakterystyczne ogonki. W drugim roku wzrostu buraka ćwikłowego, zaczyna się wykształcać pęd kwiatowy, a na nim pojawiają się drobne, zielone kwiatki zrosnięte w wierzchotkowe kwiatostany, liczące od 2 do 6 sztuk. W efekcie powstaje wielonasienny owocostan, nazywany kłębkim lub w kontekście użytkowym, nasieniem buraka. Posiada wnikający w glebę korzeń palowy, po którego stronie znajdują się gęsto rozmieszczone, cienkie korzenie boczne o długości 1-2 cm (Górnicki i in., 2017). Najczęściej spożywaną częścią są korzenie spichrzowe, które ze względu na kształt można podzielić na cylindryczne, okrągłe i płaskie. Odmiany kuliste są przymocowane do gleby tylko cienkimi korzeniami palowymi, dlatego są preferowane podczas zbiorów, ponieważ można je zbierać przy mniejszym zanieczyszczeniu gleby i bez uszkodzeń. Pod koniec sezonu wegetacyjnego jedna trzecia korzenia znajduje się nad ziemią, więc zbiór można łatwo przeprowadzić maszynowo lub ręcznie (Székely i in., 2022). Formy uprawowe buraka ćwikłowego są zaklasyfikowane do podgatunku ssp. *vulgaris*. Poprzez długotrwały proces doboru, wytworzono w obrębie tego podgatunku dwie główne formy: liściowe i korzeniowe. Formy liściowe buraka, takie jak boćwina, zostały przypisane do *convar. cicla*. Natomiast formy korzeniowe, które wykształcają gruby korzeń spichrzowy, takie jak burak cukrowy, burak pastewny oraz burak stołowy, zostały zaliczone do *convar. crassa (esculenta)*. Te dwie formy buraka ćwikłowego różnią się znacząco zarówno pod względem zastosowania w kuchni, jak i uprawy na większą skalę w celach przemysłowych (Górnicki i in., 2017).

Buraki ćwikłowe są roślinami, które preferują gleby o wysokim poziomie dostępnych składników pokarmowych i odpowiednim poziomie wilgotności. Jednakże, aby uzyskać optymalne warunki wzrostu, należy unikać nadmiernego zakwaszenia gleby. Rekomendowany zakres pH gleby pod uprawę buraków ćwikłowych wynosi 6,7-7. Dodatkowo, buraki ćwikłowe wymagają stanowisk o intensywnym nasłonecznieniu, co pozytywnie wpływa na ich rozwój. Należy również pamiętać, że niezbyt gęsta uprawa przyczynia się do uzyskania lepszych efektów. Optymalna temperatura dla wschodzenia nasion oraz początkowego stadium rozwoju roślin

to zakres od 11 do 18°C. Konieczne jest jednak zachowanie ostrożności, ponieważ młode rośliny buraków są szczególnie wrażliwe na ujemne temperatury. Zapewnienie odpowiednich parametrów glebowych, optymalnego oświetlenia oraz temperatury wzrostu jest kluczowym czynnikiem wpływającym na efektywną uprawę buraków ćwikłowych, co przekłada się na ich zdrowy wzrost i osiąganie pożądaných plonów (Górnicki i in., 2017). W ostatnich latach zaobserwowano znaczny wzrost ekologicznej uprawy warzyw w Polsce. Ten rozwój wynika z rosnącego zainteresowania konsumentów produktami ekologicznymi, co motywowane jest ich przekonaniem o wyższej jakości i bezpieczeństwie tych produktów dla zdrowia. Niemniej jednak, wyniki badań porównawczych dotyczących wartości odżywczej oraz zawartości związków biologicznie czynnych w warzywach pochodzących z upraw ekologicznych i konwencjonalnych są zróżnicowane i nie dają jednoznacznych odpowiedzi (Sobieralski i in., 2013). W niektórych badaniach zauważa się jednak, że buraki ćwikłowe pochodzące z uprawy ekologicznej zawierają istotnie więcej suchej masy, cukrów redukujących i kwasów organicznych w porównaniu do buraków ćwikłowych z uprawy konwencjonalnej (Kazimierzczak i in., 2011).

### 3. Zawartość składników odżywczych

Liczne badania wskazują, że na zawartość składników odżywczych w świeżych burakach ma wpływ zarówno odmiana, uprawa, jak i warunki zbioru (Chhikara i in., 2019). Dane przedstawione w tabeli 1 pokazują, że buraki są dobrym źródłem węglowodanów, ale są ubogie w tłuszcz, dzięki czemu jest to warzywo niskokaloryczne, co sprawia, że może znaleźć zastosowanie w dietach odchudzających. Stosunkowo wysoka zawartość węglowodanów i cukrów może być korzystna dla sportowców (Wruss i in., 2015).

Tabela 1

Wartość odżywcza buraka ćwikłowego i botwina

| Składnik             | Jednostka | Burak ćwikłowy    | Botwina |
|----------------------|-----------|-------------------|---------|
|                      |           | Zawartość / 100 g |         |
| Białko               | g         | 1,61              | 2,2     |
| Tłuszcze             | g         | 0,17              | 0,13    |
| Węglowodany          | g         | 9,56              | 4,33    |
| Cukry                | g         | 6,76              | 0,5     |
| Wartość energetyczna | kcal      | 43                | 22      |
| Popiół               | g         | 1,08              | 2,33    |
| Woda                 | g         | 87,6              | 91      |
| Błonnik              | g         | 2,8               | 3,7     |

Źródło: (USDA, 2019).

#### 4. Składniki mineralne i witaminy

Buraki są bogatym źródłem składników mineralnych i witamin, tj. potasu, magnezu, folianów (tabela 2). Wiele dowodów wskazuje, że zwiększenie spożycia potasu ma korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Badania epidemiologiczne i kliniczne pokazują, że dieta bogata w potas obniża ciśnienie krwi, zarówno u osób z podwyższonym ciśnieniem krwi, jak i u osób z przeciętnym ciśnieniem krwi w populacji. Dieta bogata w potas może również zapobiegać lub przynajmniej spowalniać postęp choroby nerek, odgrywa także ważną rolę w leczeniu hiperkalciurii i kamieni nerkowych oraz prawdopodobnie zmniejsza ryzyko osteoporozy (He & MacGregor, 2008; Ebara, 2017). Istnieje związek pomiędzy stanem odżywienia kwasem foliowym a chorobami przewlekłymi, takimi jak choroby układu krążenia, rak i zaburzenia funkcji poznawczych i rozrodczych (Ebara, 2017).

Tabela 2

Zawartość witamin i składników mineralnych  
burakach ćwikłowych i botwinie

| Związek          | Jednostka | Burak ćwikłowy    | Botwina |
|------------------|-----------|-------------------|---------|
|                  |           | Zawartość / 100 g |         |
| Wapń             | mg        | 16                | 117     |
| Żelazo           | mg        | 0,8               | 2,57    |
| Magnez           | mg        | 23                | 70      |
| Fosfor           | mg        | 40                | 41      |
| Potas            | mg        | 325               | 762     |
| Sód              | mg        | 78                | 226     |
| Cynk             | mg        | 0,35              | 0,38    |
| Miedź            | mg        | 0,075             | 0,191   |
| Mangan           | mg        | 0,329             | 0,391   |
| Selen            | µg        | 0,7               | 0,9     |
| Witamina C       | mg        | 4,9               | 30      |
| Tiamina          | mg        | 0,031             | 0,1     |
| Ryboflawina      | mg        | 0,04              | 0,22    |
| Niacyna          | mg        | 0,334             | 0,4     |
| Kwas pantotenowy | mg        | 0,155             | 0,25    |
| Witamina B6      | mg        | 0,067             | 0,106   |
| Foliany          | µg        | 109               | 15      |
| Witamina A       | IU        | 33                | 6330    |
| Witamina E       | mg        | 0,04              | 1,5     |
| Witamina D       | µg        | 0                 | 0       |
| Witamina K       | µg        | 0,2               | 400     |

Źródło: (USDA, 2019).

Burak ćwikłowy należy do gatunków, który wykazuje duże zróżnicowanie odmianowe. W badaniach zaobserwowano, że średnia składników mineralnych, tj. Ca, K, Mg, Cu, Fe może znacząco różnić się pomiędzy wieloma odmianami uprawianymi w Polsce (tabela 3).

Tabela 3

**Średnia zawartość wybranych składników mineralnych  
w korzeniach buraków ćwikłowych**

| Odmiana           | mg / 100 g s.m. |      |     |       |       |
|-------------------|-----------------|------|-----|-------|-------|
|                   | Ca              | K    | Mg  | Cu    | Fe    |
| Astar F1          | 131             | 2290 | 135 | 0,565 | 6,7   |
| Boro F1           | 125             | 1800 | 126 | 0,51  | 4,93  |
| Ceryl             | 165             | 2480 | 186 | 0,838 | 7,27  |
| Chrobry           | 158             | 2630 | 157 | 0,929 | 8,42  |
| Czerwona Kula     | 162             | 2450 | 183 | 0,897 | 5,86  |
| Egipski           | 143             | 2700 | 200 | 1,043 | 11,02 |
| Karmazyn          | 181             | 2590 | 177 | 0,912 | 6,06  |
| Nabab F1          | 170             | 2390 | 167 | 0,677 | 5,66  |
| Nochowski         | 150             | 2730 | 188 | 0,873 | 7,12  |
| Opolski           | 161             | 2390 | 159 | 0,946 | 4,81  |
| Pablo F1          | 125             | 1900 | 173 | 0,741 | 5,36  |
| Patryk            | 156             | 2400 | 207 | 0,79  | 9,12  |
| Regulski Cylinder | 151             | 1700 | 142 | 0,675 | 4,48  |
| Regulski Okragły  | 169             | 2720 | 205 | 0,695 | 6,3   |
| Rywal             | 150             | 1810 | 137 | 0,567 | 4,07  |

Źródło: (Nizioł-Łukaszewska i Gawęda, 2015).

## 5. Związki bioaktywne

Burak zawiera wysoce aktywne pigmenty, betalainy, karotenoidy, saponiny i wysokie poziomy azotanów (644-1800 mg/kg) (Chhikara i in., 2019). Burak ćwikłowy zawiera także dużą ilość związków fenolowych i flawonoidów oraz innych składników o znaczeniu żywieniowym (tabela 3). Całkowita zawartość kwasów fenolowych w burakach wynosi 50–60  $\mu\text{mol/g}$  suchej masy (Kathiravan i in., 2014). Wysoce niestabilnymi związkami fenolowymi wyizolowanymi ze skórki buraka czerwonego są 5,5,6,6-tetrahydroksy-3,3,0-bindolil, dimer kwasu 5,6-dihydroksyindolokarboksyłowego i betalain obejmujący wulgaksantynę I, wulgaksantynę II, indykaksantynę, prebetaninę, izobetaninę, betaninę i neobetaninę (Nemzer

i in., 2011). W burakach zidentyfikowano związki takie jak epikatechinę, katechinę, rutynę, kwas waniliowy, p-kumarowy, protokatechowy, kwas kawowy, kwas syringowy, kwas 4-hydroksybenzoesowy, kwas chlorogenowy (Chhikara i in., 2019). Stwierdzono, że sok z buraków (3,67 GAEmg/g) i buraki gotowane (2,79 GAEmg/g) mają wyższą całkowitą zawartość fenoli niż chipsy z buraków (0,75 GAEmg/g) i proszek (0,51 GAEmg/g) ze względu na utratę związków podczas procesu suszenia (Chhikara i in., 2019).

Tabela 3

## Zawartość związków bioaktywnych w burakach ćwikłowych i produktach

| Betalainy          | Zawartość w mg / 100 g surowca lub mg/L soku | Próbka                         |
|--------------------|--|--------------------------------|
| Betanina           | 128,7 ± 22,0                                 | Burak z uprawy konwencjonalnej |
|                    | 797 – 421,7                                  | Burak z uprawy ekologicznej    |
|                    | 797 ± 24,0                                   | Sok z organicznego buraka      |
|                    | 406 ± 17,0                                   | Sok z buraka konwencjonalnego  |
|                    | 705 ± 156                                    | Ekstrakt z buraka              |
| Wulgaksantyna I    | 321 – 432,1                                  | Sok z buraka konwencjonalnego  |
|                    | 424 ± 16,0                                   | Sok z organicznego buraka      |
|                    | 397 ± 100                                    | Ekstrakt z buraka              |
| Flawonoidy         |  |                                |
| Mirycetyna         | 0,27 ± 0,091                                 | Buraki z uprawy organicznej    |
|                    | 0,30 ± 0,109                                 | Burak z uprawy konwencjonalnej |
| Luteolina          | 0,14 ± 0,004                                 | Buraki z uprawy organicznej    |
|                    | 0,13 ± 0,003                                 | Burak z uprawy konwencjonalnej |
| Kwercetyna         | 0,13 ± 0,017                                 | Buraki z uprawy organicznej    |
|                    | 0,010 ± 0,009                                | Burak z uprawy konwencjonalnej |
|                    | 0,009  | Sok z buraka                   |
| Epikatechina       | 3,20   | Burak                          |
|                    | 2,1 ± 0,100                                  | Sok z buraka                   |
|                    | 0,253  | Burak z uprawy konwencjonalnej |
|                    | 0,202  | Fermentowany burak             |
| Katechina          | 0,715 ± 0,018                                | Sok z buraka                   |
|                    | 6,73 ± 0,031                                 | Sok z organicznego buraka      |
| Kwasy polifenolowe |  |                                |
| Kwas galusowy      | 36,40 ± 23,77                                | Buraki z uprawy organicznej    |
|                    | 65,93 ± 45,38                                | Burak z uprawy konwencjonalnej |
|                    | 0,147 ± 0,008                                | Sok z buraka                   |
|                    | 1,24 ± 0,054                                 | Sok z organicznego buraka      |

| Betalainy             | Zawartość w mg / 100 g surowca lub mg/L soku | Próbka                         |
|-----------------------|--|--------------------------------|
| Kwas chlorogenowy     | 1,70 ± 0,55                                  | Buraki z uprawy organicznej    |
|                       | 4,67 ± 3,67                                  | Burak z uprawy konwencjonalnej |
|                       | 2,29 ± 2,09                                  | Sok z buraka                   |
|                       | 1,80   | Sok z organicznego buraka      |
| Kwas kawowy           | 2,22 ± 0,75                                  | Sok z buraka                   |
|                       | 2,40 ± 0,050                                 | Sok z buraka organicznego      |
|                       | 0,900 ± 0,008                                | Buraki z uprawy organicznej    |
|                       | 0,74 ± 0,40                                  | Burak z uprawy konwencjonalnej |
| Kwas ferulowy         | 0,120 ± 0,005                                | Sok z buraka konwencjonalnego  |
|                       | 1,81 ± 0,062                                 | Sok z buraka organicznego      |
|                       | 0,54 ± 0,37                                  | Buraki z uprawy organicznej    |
|                       | 1,71 ± 0,76                                  | Burak z uprawy konwencjonalnej |
| pHBA                  | 1,2  | Burak z uprawy konwencjonalnej |
|                       | 4,03 ± 0,053                                 | Sok z buraka konwencjonalnego  |
|                       | 6,83 ± 0,095                                 | Sok z organicznego buraka      |
| Kwas p-kumarowy       | 5,27 ± 0,98                                  | Sok z buraka                   |
| Kwas synapinowy       | 1,99 ± 0,80                                  | Sok z buraka                   |
| <b>Karotenoidy</b>    |  |                                |
| Alfa-karoten          | 22,0 ± 2,0                                   | Korzeń buraka                  |
|                       | 3,50 ± 0,5                                   | Liście buraka                  |
| Beta-karoten          | 0,012  | Liście buraka organicznego     |
|                       | 0,001  | Liście buraka konwencjonalnego |
| Likopen               | 0,030  | Korzeń buraka                  |
| Luteina + zeaksantyna | 0,001  | Liście buraka                  |

Źródło: (Sentkowska i Pyrzyńska, 2023).

## 6. Wpływ na zdrowie

Dzięki swemu bogactwu w fitozwiązki buraki posiadają naturalne właściwości przeciwanemiczne, przeciwzapalne, przeciwnadciśnieniowe, przeciwutleniające, przeciwnowotworowe, przeciwgorączkowe, przeciwbakteryjne, odtruwające i moczopędne (Hobbs i in., 2013). Betalainy mają szerokie spektrum właściwości przeciwnowotworowych, hepatoprotekcyjnych, nie wpływając przy tym negatywnie na zdrowe komórki. Ponadto korzystanie wpływają na układ sercowo naczyniowy (Nowacki i in., 2015). Flawonoidy obecne w burakach, wykazują działanie



antyproliferacyjne na linii komórek nowotworowych, zmniejszają odpowiedź zapalną i modulują działanie system immunologicznego (Iglesias i in., 2015).

Kluczowym składnikiem odgrywającą rolę prozdrowotną w burakach są azotany. Azotany obecne w burakach mają zdolność obniżania ciśnienia krwi, ochrony przed uszkodzeniami niedokrwienno-reperfuzyjnymi, obniżają poziom utlenionego cholesterolu LDL oraz normalizują ciśnienie krwi (Guldiken i in., 2016). Wykazano, że stymulacja produkcji tlenu azotu przez spożycie buraka może być korzystna w obniżeniu stresu oksydacyjnego i zaburzeń funkcji kognitywnych związanych z procesami starzenia (Presley i in., 2011). Sok i suplementy z buraka znajdują zastosowanie w sporcie, ich regularne spożycie pozytywnie wpływa na reakcje biologiczne organizmu na wysiłek fizyczny oraz poprawia zdrowie układu sercowo-naczyniowego (Wylie i in., 2013). Aby składnik żywności mógł być uznany za korzystny dla zdrowia, musi być biodostępny *in vivo*, to znaczy po spożyciu substancje czynne muszą być wchłaniane przez przewód pokarmowy i udostępniane w krążeniu w ilościach wystarczających do wykorzystania przez komórki (Clifford i in., 2015).

## 7. Podsumowanie

Burak ćwikłowy jest powszechnym i łatwo dostępnym warzywem, którego wiele odmian jest uprawianych na terenie Polski. Buraki są źródłem wielu związków biologicznie aktywnych, które mają znaczenie żywieniowe. Buraki mogą stanowić też dobry surowiec do produkcji żywności funkcjonalnej.

Artykuł opracowano w ramach projektu:

PROW 00015.DDD.6509.00137.2022.15, 2023-2024:

Innowacyjna technologia wytwarzania warzywnych produktów mrożonych z dodatkiem probiotyków jako szansa na poprawę opłacalności produkcji buraka ćwikłowego i konkurencyjności gospodarstw rolnych

Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich, objęty Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020, działanie Współpraca

## LITERATURA

1. Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., Agejchenko, V. (2019). Red Beet (*Beta vulgaris*) Impact on Human Health. *Journal of Biosciences and Medicines*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>
2. Bieganska-Marecik, R., Czapski, J., Blaszczyk, P. (2007). Określenie wpływu odmiany i procesu technologicznego na występowanie smaku gorzkiego w buraku ćwikłowym. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 14(3). <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-0d538445-db85-4e04-a30c-922fd2293a91>
3. Carvalho, G. R., Santos, K. C., Guedes, J. S., Bitencourt, B. S., Rojas, M. L., Augusto, P. E. D. (2023). 17—Drying of roots and tubers. W S. M. Jafari & N. Malekjani (Red.), *Drying Technology in Food Processing* (s. 587–628). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819895-7.00018-3>
4. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*, 272, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>
5. Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., Stevenson, E. J. (2015). The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. <https://doi.org/10.3390/nu7042801>
6. Ebara, S. (2017). Nutritional role of folate. *Congenital Anomalies*, 57(5), 138–141. <https://doi.org/10.1111/cga.12233>
7. Gokhale, S. v., Lele, S. s. (2014). Betalain Content and Antioxidant Activity of *Beta vulgaris*: Effect of Hot Air Convective Drying and Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 585–590. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12006>
8. Górnicki, K., Golisz, E., Bryś, A., Sojak, M., Głowacki, S., Tulej, W. (2017). *Charakterystyka wybranych surowców i produktów roślinnych w aspekcie ich utrwalania różnymi metodami*.
9. Guldiken, B., Toydemir, G., Nur Memis, K., Okur, S., Boyacioglu, D., Capanoglu, E. (2016). Home-Processed Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Products: Changes in Antioxidant Properties and Bioaccessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/ijms17060858>
10. He, F. J., MacGregor, G. A. (2008). Beneficial effects of potassium on human health. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 725–735. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01033.x>
11. Hobbs, D. A., George, T. W., Lovegrove, J. A. (2013). The effects of dietary nitrate on blood pressure and endothelial function: A review of human intervention studies. *Nutrition Research Reviews*, 26(2), 210–222. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000188>
12. Iglesias, R., Citores, L., Di Maro, A., Ferreras, J. M. (2015). Biological activities of the antiviral protein BE27 from sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Planta*, 241(2), 421–433. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2191-2>
13. Kathiravan, T., Nadasabapathi, S., & Kumar, R. (2014). Standardization of process condition in batch thermal pasteurization and its effect on antioxidant, pigment and microbial inactivation of Ready to Drink (RTD) beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice. *International Food Research Journal*, 21(4).
14. Kazimierzak, R., Hallmann, E., Treścinska, V., Rembiałkowska, E. (2011). Ocena wartości odżywczej dwóch odmian buraków ćwikłowych (*Beta vulgaris*) z uprawy

- ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 56(nr 3), 206–210.
15. Mirmiran, P., Houshialsadat, Z., Gaeini, Z., Bahadoran, Z., Azizi, F. (2020). Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition & Metabolism*, 17(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12986-019-0421-0>
  16. Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Spórna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michałowski, T., Wybraniec, S. (2011). Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. *Food chemistry*, 127(1), 42–53.
  17. Nizioł-Lukaszewska, Z., Gawęda, M. (2015). Porównanie składu pierwiastkowego korzeni buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L.) w zależności od odmiany. *Fragmenta Agronomica*, 32(20), 79–86.
  18. Nowacki, L., Vigneron, P., Rotellini, L., Cazzola, H., Merlier, F., Prost, E., Ralanairina, R., Gadonna, J.-P., Rossi, C., Vayssade, M. (2015). Betanin-Enriched Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Extract Induces Apoptosis and Autophagic Cell Death in MCF-7 Cells. *Phytotherapy Research*, 29(12), 1964–1973. <https://doi.org/10.1002/ptr.5491>
  19. Ogrodowska, B. (2012). *Tradycje polskiego stołu*. Wyd. Muza.
  20. Presley, T. D., Morgan, A. R., Bechtold, E., Clodfelter, W., Dove, R. W., Jennings, J. M., Kraft, R. A., Bruce King, S., Laurienti, P. J., Jack Rejeski, W., Burdette, J. H., Kim-Shapiro, D. B., Miller, G. D. (2011). Acute effect of a high nitrate diet on brain perfusion in older adults. *Nitric Oxide*, 24(1), 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2010.10.002>
  21. Sentkowska, A., Pyrzyńska, K. (2023). Old-Fashioned, but Still a Superfood—Red Beets as a Rich Source of Bioactive Compounds. *Applied Sciences*, 13(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/app13137445>
  22. Sobieralski, K., Siwulski, M., Sas-Golak, I. (2013). Nutritive and health-promoting value of organic vegetables. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(1), 113–123.
  23. Székely, D., Máté, M., Székely, D., & Máté, M. (2022). Red Beetroot (*Beta Vulgaris* L.). W *Advances in Root Vegetables Research*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106692>
  24. USDA. (2019). *FoodData Central*. Beets, raw. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169145/nutrients>
  25. Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., Höglinger, O., Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.005>
  26. Wylie, L. J., Kelly, J., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Skiba, P. F., Winyard, P. G., Jeukendrup, A. E., Vanhatalo, A., Jones, A. M. (2013). Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 115(3), 325–336. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00372.2013>