

Agnieszka Nemś, Joanna Miedzianka, Anna Pęksa, Agnieszka Kita

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW PROZDROWOTNYCH W ZIEMNIAKACH ODMIAN O RÓŻNEJ BARWIE MIĄSZU

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. *A. Golachowski*

W pracy porównano skład chemiczny, profil aminokwasowy białek oraz aktywność przeciwutleniającą ziemniaków odmian o barwie czerwonej, fioletowej i żółtej. Ziemniaki odmian o kolorowym miąższu zawierały więcej skrobi i cukrów redukujących niż odmiany jasne, około 5 razy więcej polifenoli i wykazywały 6-7 większy potencjał antyoksydacyjny, jak np. odmiana Blaue Anneliese (fioletowa). Najkorzystniejszym składem aminokwasowym odznaczały się bulwy odmiany Fresco (żółta).

Hasła kluczowe: kolorowe ziemniaki, polifenole ogółem, aktywność przeciwutleniająca, białko, aminokwasy.

Key words: coloured potatoes, total polyphenols, antioxidant activity, protein, amino acids.

Ziemniaki są jedną z czterech głównych upraw na świecie obok kukurydzy, pszenicy i ryżu. Większość odmian konsumpcyjnych i przemysłowych to odmiany o białym, kremowym lub żółtym zabarwieniu. Od ponad 10 lat, coraz częściej przedmiotem badań stają się ziemniaki o miąższu czerwonym, niebieskim bądź fioletowym będące źródłem antocyjanów, związków polifenolowych o potwierdzonej aktywności prozdrowotnej i przeciwutleniającej.

Ziemniaki są dobrym źródłem łatwostrawnych węglowodanów, które stanowią około 80 % suchej masy, a także pełnowartościowego białka (6-10 % suchej masy), które bogate jest w aminokwasy endogenne a w szczególności lizynę, co zwiększa ich znaczenie jako ważnego składnika w codziennej diecie człowieka. Wartość odżywcza białka ziemniaka jest porównywalna z wartością odżywczą białka jaja kurzego oraz przewyższa jakość białek innych roślin (1).

Do związków prozdrowotnych w ziemniakach o tradycyjnym zabarwieniu miąższu zalicza się kwasy fenolowe, kwas askorbinowy, karotenoidy, tokoferol a także selen, a w ziemniakach o kolorowym miąższu również antocyjany, związki barwne o wysokim potencjale przeciwutleniającym (2-4). Takie odmiany stanowią potencjalny surowiec do produkcji żywności o podwyższonej zawartości związków bioaktywnych. Niektórzy autorzy uważają, że dieta bogata w przeciwutleniacze wiąże się z rzadszym występowaniem miażdżycy serca, niektórych nowotworów, zwyrodnienia płamki żółtej a także nasilenia zaćmy (5).

Celem badań była charakterystyka składu chemicznego bulw odmian różniących się barwą miąższu a szczególnie porównanie zawartości związków polifenolowych, aktywności przeciwutleniającej i profilu aminokwasowego białek.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były bulwy sześciu odmian ziemniaków pochodzące z sezonu wegetacyjnego w roku 2014, dwie o żółtym zabarwieniu miąższu (*Vineta* i *Fresco*), dwie o barwie czerwonej (*Herbie 26* i *Rote Emma*) oraz dwie o barwie fioletowej miąższu (*Blue Congo* i *Blaue Annelise*). Odmiany o kolorowym miąższu pochodziły z Centralnego Instytutu Nadzoru i Badań w Rolnictwie w Prerov and Łabą, w Czechach a odmiany tradycyjne z Rolniczych Zakładów Doświadczalnych Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W bulwach oznaczono suchą substancję metodą suszenia do stałej masy (6), skrobiowość metodą *Krockera* (6), zawartość cukrów redukujących i ogółem metodą kolorymetryczną z DNS (7), zawartość azotu ogółem metodą *Kjeldahla* (6), a zawartość białka po przeliczeniu ($N \cdot 6,25$). Zawartość polifenoli ogółem oznaczono metodą *Folina – Ciocalteu* (8), a aktywność przeciwutleniającą z użyciem rodników ABTS (9). Zawartość aminokwasów oznaczono przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów typ AAA 400 firmy Ingos po 23 godzinnej hydrolizie w warunkach beztlenowych, stosując 6M HCl, w temperaturze 105°C (oprócz tryptofanu) (10). Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 11.0. Przeprowadzono jednokierunkową analizę wariancji wyznaczając grupy homogeniczne stosując test *Duncana* ($p \leq 0,05$).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Badane ziemniaki różniły się pod względem zawartości suchej substancji, białka ogółem oraz skrobiowości. Największą zawartością suchej masy i tym samym skrobiowością, odznaczała się odmiana *Blue Congo* (odpowiednio 23,57 % i 12,4 %) a najniższą *Fresco* (17,34 % i 10,5 %). Badane próbki 6 odmian ziemniaka zawierały od 1,60 do 2,63 % białka ogółem, przy czym więcej związków azotowych odnotowano w odmianach *Rote Emma*, *Herbie 26* i *Blue Congo* (tabela 1). Zawartość suchej masy w ziemniakach różnych odmian uprawianych w świetle mieści się w przedziale od 13,1 do 36,8 % a białka ogółem od 0,69 do 4,63 % (11) i według niektórych autorów nie zależy od barwy miąższu (4,12).

Zawartość cukrów redukujących i ogółem w ziemniakach waha się w szerokich granicach odpowiednio od 0,0 do 5,0 % i 0,05 do 8,0 % w zależności od ich odmiany i może być modyfikowana przez warunki uprawy i przechowywania (11). Ziemniaki o kolorowym zabarwieniu miąższu zawierały w swoim składzie od 2 do 3 krotnie więcej cukrów redukujących i od 2 do 4 krotnie więcej cukrów ogółem niż bulwy odmian o tradycyjnym, jasnym zabarwieniu. W ziemniakach odmian o kolorowym miąższu stwierdzono większe ilości dwucukrów niż w odmianach o żółtym miąższu (rysunek 1). Szczególnie duże ilości tych związków oznaczono

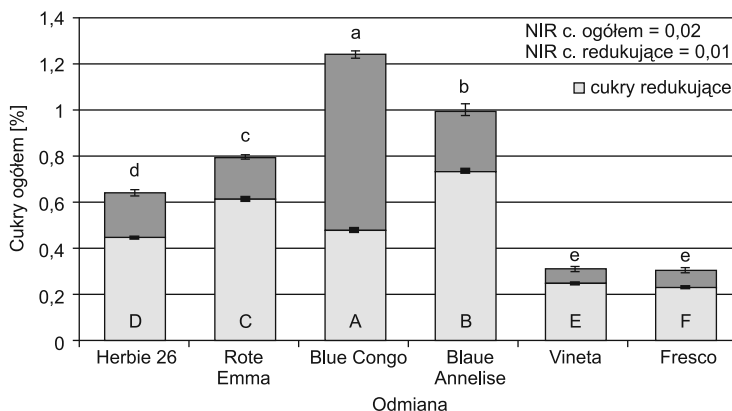
w próbkach bulw odmiany *Blue Congo* (0,72 %) a tylko, średnio 0,06 % w odmianach o jasnym miąższu.

Tabela 1: Zawartość suchej masy, skrobiowości i zawartość białka ogółem w ziemniakach o różnej barwie miąższu

Table 1: The dry matter, starch and protein contents in potatoes of different flesh colour

Odmiana	Kolor miąższu	Sucha masa	Skrobiowość	Białko ogółem
		%	%	N* 6,25 [%]
Herbie 26	czerwone	22,05±0,05 ^b	11,2±0,14 ^c	2,45±0,02 ^a
Rote Emma		21,42±0,35 ^c	11,9±0,14 ^c	2,63±0,07 ^a
Blue Congo	fioletowe	23,57±0,71 ^a	12,4±0,28 ^b	2,40±0,01 ^b
Blaue Annelise		20,55±0,22 ^d	14,4±0,14 ^a	1,60±0,01 ^e
Vineta	żółte	19,92±0,15 ^d	11,70±0,00 ^c	1,75±0,01 ^d
Fresco		17,34±0,24 ^e	10,5±0,14 ^d	2,16±0,02 ^c
NIR*	-	0,63	0,61	0,08

* najmniejsza istotna różnica



NIR c. ogółem – najmniejsza istotna różnica pomiędzy średnimi zawartości cukrów ogółem

NIR c. redukujące – najmniejsza istotna różnica pomiędzy średnimi zawartości cukrów redukujących

Rys. 1. Zawartość cukrów redukujących i ogółem w ziemniakach o różnej barwie miąższu

Fig 1. The content of reducing and total sugars in potatoes of different flesh colour

Badane ziemniaki sześciu odmian były zróżnicowane pod względem zawartości sumy aminokwasów (tabela 2). Najwięcej tych związków zawierały bulwy odmiany *Fresco* (15,04 g/100g SM), natomiast najmniej ziemniaki odmian *Herbie 26* i *Blaue Annelise* (około 8,5 g/100g SM). Zawartość aminokwasów egzogennych w badanych ziemniakach nie zależała od barwy miąższu. Najwięcej aminokwasów egzogennych w suchej masie zawierały bulwy odmiany *Fresco* tj. 5,61 g/100g SM. Pozostałe odmiany wykazywały niewielkie różnice pod względem zawartości tych związków

(ilości w zakresie od 3,04 do 3,97 g/100g SM). Największe zróżnicowanie pomiędzy odmianami stwierdzono w zakresie zawartości treoniny, leucyny i fenyloalaniny spośród aminokwasów egzogennych oraz w zakresie zawartości kwasu glutaminowego od 1,30 do 2,18 g/100g SM. Również inni autorzy nie stwierdzili istotnego wpływu barwy miąższu ziemniaka na zawartość związków azotowych (12).

Tab e l a II. Profil aminokwasów w ziemniakach o różnej barwie miąższu

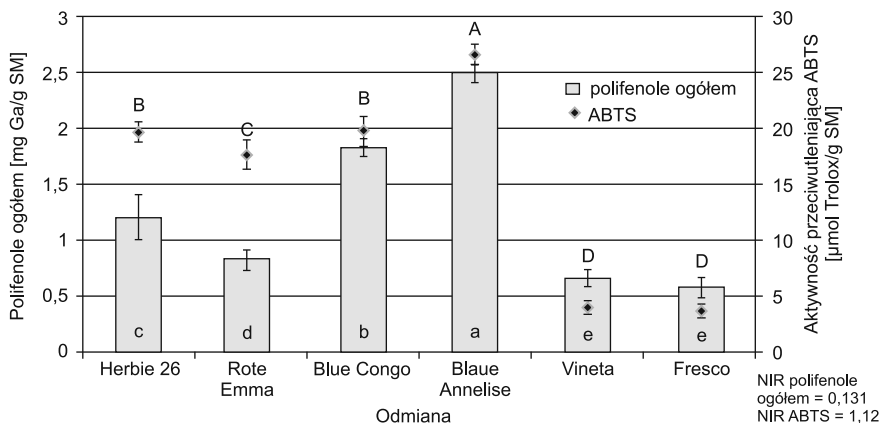
Tab l e II. Amino acids profile in potatoes of different flesh colour

	Rote Emma	Herbie 26	Blue Congo	Blaue Annelise	Vineta	Fresco
	czerwone		fioletowe		żółte	
	g/100g sm					
ASP	2,33±0,06	2,25±0,08	2,77±0,10	2,26±0,03	2,51±0,08	3,57±0,01
THR*	0,40±0,01	0,29±0,01	0,38±0,01	0,34±0,01	0,37±0,01	0,53±0,01
SER	0,39±0,02	0,32±0,02	0,40±0,01	0,36±0,01	0,38±0,01	0,54±0,02
GLU	1,91±0,02	1,30±0,06	1,90±0,08	1,34±0,00	1,41±0,04	2,18±0,05
PRO	0,36±0,02	0,29±0,01	0,27±0,00	0,24±0,00	0,26±0,01	0,34±0,03
GLY	0,36±0,01	0,27±0,01	0,34±0,01	0,30±0,00	0,32±0,01	0,41±0,04
ALA	0,31±0,01	0,23±0,01	0,31±0,01	0,29±0,00	0,25±0,01	0,39±0,02
CYS*	0,07±0,00	0,05±0,00	0,08±0,00	0,06±0,00	0,05±0,00	0,63±0,01
VAL*	0,52±0,01	0,41±0,01	0,57±0,02	0,42±0,01	0,49±0,01	0,71±0,01
MET*	0,17±0,00	0,16±0,00	0,17±0,01	0,18±0,05	0,17±0,00	0,25±0,03
ILE*	0,38±0,01	0,31±0,01	0,41±0,02	0,35±0,03	0,33±0,00	0,47±0,03
LEU*	0,63±0,02	0,49±0,03	0,60±0,02	0,55±0,03	0,54±0,01	0,74±0,02
TYR*	0,35±0,01	0,29±0,01	0,41±0,02	0,31±0,00	0,34±0,01	0,44±0,01
PHE*	0,65±0,03	0,53±0,05	0,73±0,03	0,53±0,01	0,59±0,01	1,04±0,02
HIS	0,23±0,01	0,19±0,01	0,24±0,01	0,20±0,00	0,20±0,00	0,27±0,01
LYS*	0,62±0,01	0,51±0,01	0,62±0,03	0,50±0,01	0,56±0,01	0,80±0,01
ARG	0,94±0,02	0,59±0,03	0,95±0,00	0,44±0,00	0,52±0,00	0,75±0,03
Suma	10,60±0,22	8,49±0,36	11,13±0,46	8,68±0,08	9,27±0,23	13,51±0,034
Suma egz.*	3,79	3,04	3,97	3,24	3,44	5,61

* Aminokwasy egzogenne

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ odmiany ziemniaka na zawartość polifenoli ogółem i aktywność przeciwutleniającą ABTS. Najwięcej tych związków oznaczono w bulwach odmian o fioletowym miąższu, nieco mniej w ziemniakach o czerwonym miąższu a najmniej w odmianach jasnych. Ziemniaki odmian o czerwonym miąższu posiadały około dwukrotnie a o fioletowym 3 – 5 krotnie więcej związków polifenolowych niż odmiany o jasnym miąższu. Podwyższona zawartość polifenoli ogółem w ziemniakach kolorowych jest związana z obecno-

ścią w nich antocyjanów, które dodatkowo nadają bulwom intensywne czerwone, fioletowe bądź niebieskie zabarwienie (13). Odmiany o kolorowym miąższu wykazywały 6-7 krotnie większą aktywność przeciwutleniającą niż odmiany jasne. Stwierdzono stosunkowo nieznaczne zróżnicowanie pod względem tej cechy w obrębie odmian o miąższu kolorowym. Najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym charakteryzowały się ziemniaki odmiany *Blaue Annelise* o ciemno fioletowym zabarwieniu miąższu (26,828 $\mu\text{mol Trolox/g SM}$). Różnice w aktywności przeciwutleniającej odmian barwnych wynikały prawdopodobnie nie tylko z zawartości w nich polifenoli ogółem ale również z różnic w stabilizacji antocyjanów przez inne związki zawarte w suchej masie bulw oraz ze zróżnicowanego potencjału antyoksydacyjnego poszczególnych antocyjanów (14).



NIR ABTS – najmniejsza istotna różnica pomiędzy średnimi aktywności przeciwutleniającej ABTS

Rys. 2. Zawartość polifenoli ogółem i aktywność przeciwutleniająca ABTS ziemniaków o różnej barwie miąższu

Fig 2. The total polyphenols content and antioxidant activity of potatoes of different flesh colour

WNIOSKI

1. Użyte w badaniach odmiany o kolorowym miąższu odznaczały się większą skrobiowością i zawartością cukrów niż odmiany jasne, a także około 5-krotnie większą zawartością związków fenolowych i 6–7-krotnie większą aktywnością przeciwutleniającą.
2. Spośród odmian o barwnym miąższu najwięcej polifenoli stwierdzono w bulwach odmiany niebieskiej *Blaue Anneliese*, które wykazywały również większą aktywność przeciwutleniającą niż ziemniaki pozostałych odmian.
3. Badane odmiany różniły się pod względem zawartości białka ogółem i sumy aminokwasów. Największe zróżnicowanie pomiędzy odmianami stwierdzono pod względem zawartości treoniny, leucyny i fenyloalaniny oraz kwasu glutaminowego.

A. Nemš, J. Miedzianka, A. Pęksa, A. Kita

PROHEALTHY COMPOUNDS CONTENT IN POTATOES VARIETIES
OF DIFFERENT FLESH COLOUR

S u m m a r y

Coloured fleshed potatoes are a promising source of bioactive compounds used in food production of increased quality. In addition to typical components such as starch, mineral compounds, sugars, pectins and nutritionally valuable protein, they contain also anthocyanins, which give them a special colour as well as increase the antioxidant potential of potato products. The aim of this work was to determine the chemical composition, amino acid profile of proteins and antioxidant activity of potato varieties differed in terms of polyphenolic compounds content. In the experiment, samples of six varieties of potatoes differing in their flesh colour (red, purple, yellow) were used. The dry matter, content of starch, total and reducing sugars, total nitrogen as well as amino acid profile were determined with the use of chromatographic methods, the total polyphenols content and antioxidant activity: using the ABTS method. The varieties of coloured flesh used in the experiment were characterized by higher starch and sugars content, as well as about 5-fold higher phenolic compounds content and 6-7- fold higher antioxidant activity in comparison to the yellow fleshed varieties. Among potatoes of coloured flesh, the blue variety tubers (Blau Anneliese) were characterized by the highest content of polyphenols (2,500 mg GA/g SM) and antioxidant activity (26,828 $\mu\text{mol TE/g SM}$). The analysed varieties differed in terms of amino acids profile, particularly phenylalanine and glutamic acid content.

PIŚMIENICTWO

1. *Eppendorfer, W. H., Eggun, B.O.E.*: Effect of sulphur, nitrogen, phosphorus, potassium, and water stress on dietary fibre fractions, starch, amino acids and on the biological value of potato protein. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 1994; 45: 299-313.- 2. *Brown C.R., Wrolstad R., Durst R., Yang C.P., Clevidence B.*: Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. *Am. J. Potato Res.*, 2003; 80: 241-250.- 3. *Lachman J., Hamouz K., Sulc M., Orsak M., Pivec V., Hejtmankova A., Dvorak P., Cepl J.*: Cultivar differences of total anthocyanins and anthocyanidins in red and purple-fleshed potatoes and their relation to antioxidant activity. *Food Chem.*, 2009; 114:836-834. – 4. *Jansen G., Flamme W.*: Coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.) – anthocyanin content and tuber quality. *Genet. Resour. Crop Ev.*, 2006; 53: 1321-1331.- 5. *Cao G., Shukitt- Hale B., Bickford P.C., Joseph J.A., McEwen J., Prior R. L.*: Hyperoxia-induced changes in antioxidant capacity and the effect of dietary antioxidants. *J. Appl. Physiol.*, 86: 1817-1822. 6. AOAC: Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1995.- 7. *Lindsay H.*: A colorimetric estimation of reducing sugars in potatoes with 3,5-dinitrosalicylic acid. *Potato Res.*, 1973; 16: 176-179.- 8. *Gao X., Bjork L., Trajkovski V., Uggla M.*: Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. *J. Sci. Food Agr.*, 2000, 80: 2021-2027. – 9. *Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice Evans C.*: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourisation assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 1999; 26: 1231-1237.- 10. *Spackman D.H., Stein W. H, Moore S.*: Automatic recording apparatus for use in the chromatography amino acid. *Anal. Chem.*, 1958; 30: 1190-1206.

11. *Leszczyński W.*: Ziemniak jako produkt spożywczy. *Postępy Nauk Rol.*, 1994; 1: 15-29.- 12. *Pęksa A., Kita A., Kulakowska K., Aniołowska M., Hamouz K., Nemš A.*: The quality of protein of coloured fleshed potatoes. *Food Chem.*, 2013; 141: 2960-2966. 13. *Rodriguez Saona L.E., Giusti M.M., Wrolstad R.E.*: Anthocyanin pigment composition of red-flesh potatoes. *J. Food Sci.*, 1998; 63: 458-465 -14. *Hosseini-Beheshti E, Lund S.T., Kitts D.D.*: Characterization of antioxidant capacity from fruits with distinct anthocyanin biosynthetic pathways. *J. Nutr. Food Sci.*, 2012; 2: 122.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/11/N/NZ9/00117