

BEATA ROSZKOWSKA, BEATA PIŁAT, MAŁGORZATA TAŃSKA

Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

PORÓWNANIE SKŁADU CHEMICZNEGO KORZENI MARCHWI O BARWIE POMARAŃCZOWEJ, PURPUROWEJ I BIAŁEJ

COMPARISON OF CHEMICAL COMPOSITION OF CARROT ROOTS
OF ORANGE, PURPLE AND WHITE COLOUR

Streszczenie. Celem pracy było porównanie składu chemicznego korzeni marchwi pomarańczowej, purpurowej oraz białej. Analizowano zawartość cukrów, błonnika, pektyn, karotenoidów, związków fenolowych i witaminy C. Wykazano, że skład chemiczny korzeni badanych odmian marchwi był różny. Korzeń marchwi o barwie pomarańczowej ('Koral') zawierał najwięcej pektyn (6,37% s.m.) i karotenoidów (149,66 mg w 100 g s.m.), w tym głównie β -karotenu (ok. 50% sumy karotenoidów). W korzeniu marchwi purpurowej ('Purple Haze F1') najwięcej było cukrów ogółem (57,12% s.m.), a najmniej błonnika. Z kolei korzeń marchwi białej ('White Satin F1') zawierał najwięcej błonnika (50,76% s.m.), w tym również najwięcej frakcji rozpuszczalnej (40% ogólnej zawartości).

Słowa kluczowe: marchew pomarańczowa, marchew purpurowa, marchew biała, skład chemiczny

Wstęp

Marchew (*Daucus carota* L.) jest jednym z najbardziej znanych warzyw korzeniowych uprawianych na całym świecie. Spożycie tego surowca i jego produktów ciągle wzrasta, co spowodowane jest tym, że są one ważnym źródłem wielu naturalnych substancji odżywczych, w tym przeciwutleniaczy (β -karoten, witamina C) i węglowodanów (błonnik, pektyny) (Arscott i Tanumihardjo, 2010). Dzięki karotenoidom korzeń marchwi pomarańczowej jest dobrym komponentem wielu napojów i potraw, nadając im atrakcyjną i stabilną barwę. Wielu badaczy potwierdza również związek dużej aktywności antyoksydacyjnej karotenoidów, w tym β -karotenu, z przeciwnowotworowym od-

działywaniem na organizm, zwłaszcza w przypadku nowotworów nabłonkowych, np. płuc (Astorg, 1997; Mayne i in., 1991; Speizer i in., 1999). Zarówno fizyczne, jak i chemiczne właściwości marchwi oraz duże możliwości przechowalnicze sprawiają, że marchew jest dobrym surowcem do produkcji m.in. soków, konserw, mrożonek, przecierów, suszy, koncentratów. Produkty z marchwi, dzięki swojemu charakterystycznemu słodkawemu smakowi oraz właściwościom prozdrowotnym (Pasternak i Strychalska-Rudzewicz, 2005), są chętnie wybierane przez konsumentów, dlatego marchew stała się głównym źródłem karotenoidów w diecie człowieka (Hamułka i in., 2012). Jednak tylko część tego składnika wchłanianego przez organizm ludzki jest biodostępna (19–34%) i przyczynia się do ochrony zdrowia (Brown i in., 1989; Micozzi i in., 1992). Przyswajalność β -karotenu z marchwi poprawia m.in. obróbka mechaniczna i/lub termiczna (rozdrabnianie, wysokociśnieniowa homogenizacja, pasteryzacja) na skutek rozluźnienia i rozerwania ścian komórkowych, co zwiększa uwolnienie tego składnika z połączeń, m.in. z białkami (Knockaert i in., 2012; Lemmens i in., 2013). Pozytywny wpływ na biodostępność β -karotenu stwierdzono także po dodaniu oliwy z oliwek, ale tylko z zastosowaniem podwyższonej temperatury, co umożliwiło lepsze rozpuszczenie się tego składnika w kropelkach oleju (Knockaert i in., 2012).

Marchew jest uprawiana od ponad 2000 lat i początkowo była używana tylko jako roślina lecznicza. Obecnie jej korzenie występują w różnych kształtach, rozmiarze i kolorze. Najbardziej znana i rozpowszechniona jest marchew o pomarańczowej barwie korzenia. Powstała ona prawdopodobnie w wyniku mutacji marchwi o żółtej barwie korzenia, a ta z kolei – w wyniku udomowienia formy dzikiej, charakteryzującej się małym, wrzecionowatym, białawym korzeniem o aromatycznym, ale gorzkawym smaku (Stolarczyk i Janick, 2011). Żółty i pomarańczowy kolor korzenia marchwi jest spowodowany obecnością różnych karotenoidów, natomiast korzeń białej marchwi zawiera tylko śladowe ich ilości (Mills i in., 2008). Marchew purpurowa należy do warzyw mało znanych w Europie, ale jest uprawiana i spożywana w Azji. Korzenie tej marchwi zawierają acyloowane antocyjany, które charakteryzują się bardzo dużą stabilnością, dzięki czemu są wykorzystywane do barwienia żywności (Czapski i in., 2009). Mniejsze znaczenie w uprawie ma również marchew o czerwonym zabarwieniu korzenia, pochodzącym od likopenu (Baranska i in., 2006).

Celem badań było porównanie składu chemicznego, w tym zawartości błonnika i składników bioaktywnych: karotenoidów, witaminy C i związków fenolowych, korzeni marchwi różniących się zabarwieniem.

Material i metody

Materiałem do badań były korzenie marchwi: pomarańczowej ('Koral'), purpurowej ('Purple Haze F1') oraz białej ('White Satin F1'). Surowiec pochodził z upraw jednorocznych (rok 2013) na polkach doświadczalnych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Nasiona wysiewano w połowie maja, a zbiór marchwi przeprowadzono w stadium pełnej dojrzałości konsumpcyjnej korzeni, odpowiedniej dla każdego rodzaju marchwi. Wszystkie zabiegi agrotechniczne były zgodne z zaleceniami dla uprawy marchwi. Próby korzeni marchwi pobierano metodą losowych bloków w czterech powtórzeniach, po czym łączono je w równych udziałach masowych. Korzenie

marchwi po zbiorze myto, rozdrabniano z użyciem tarki plastikowej i przechowywano w stanie zamrożonym w temperaturze -18°C do dalszych badań.

W badanym surowcu oznaczono zawartość: suchej masy – według PN-90/A-75101/03 (1990), cukrów ogółem i cukrów redukujących – według PN-90/A-75101/07 (1990), witaminy C – według PN-90/A-75101/11 (1990), błonnika pokarmowego – według PN-A-79011-15:1998 (1998), karotenoidów – według PN-90/A-75101/12 (1990) oraz kwasowość ogólną – według PN-90/A-75101/04 (1990). Ponadto oznaczono zawartość pektyn metodą Morrisa zmodyfikowaną przez Pijanowskiego i in. (1973). Pektyny ekstrahowano z rozdrobnionej próby korzenia marchwi trzykrotnie wodą destylowaną, a następnie strącano acetonem. Po przesączeniu roztworu sączek suszono do stałej masy w temperaturze 75°C . Z kolei zawartość związków fenolowych ogółem oznaczono metodą Folina-Ciocalteu (Singleton i in., 1999). Związki fenolowe ekstrahowano z rozdrobnionej próby marchwi trzykrotnie 80-procentowym metanolem. Do reakcji barwnej zastosowano odczynnik Folina-Ciocalteu, absorbancję mierzono przy długości fali 720 nm, używając do tego celu spektrofotometru (SP6-500UV PYE UNICAM, Wielka Brytania). Otrzymane wyniki przeliczono na podstawie krzywej wzorcowej sporządzonej dla różnych rozcieńczeń D-katechiny.

Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech równoległych powtórzeniach, a uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą programu STATISTICA ver. 10.0 PL. Do wykazania różnic między rodzajami marchwi wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji z testem Duncana ($p \leq 0,05$).

Wyniki

Zawartość suchej masy w badanych korzeniach marchwi kształtowała się na poziomie od 9,12% dla marchwi białej do 12,54% dla marchwi purpurowej (tab. 1).

Tabela 1. Podstawowe wyróżniki składu chemicznego korzeni marchwi o różnej barwie
Table 1. Primary quality discriminants of carrot roots of different colour

Rodzaj marchwi Carrot kind	Sucha masa Dry matter (%)	Cukry (% s.m.) Sugars (% d.m.)		Pektyny (% s.m.) Pectins (% d.m.)	Kwasowość ogółem (% s.m.)* Total acidity (% d.m.)*
		redukujące reducing	ogółem total		
$\bar{x} \pm \text{SD}$					
Pomarańczowa Orange	11,83 ^a ± 0,08	35,68 ^a ± 4,12	52,21 ^a ± 0,36	6,37 ^a ± 0,66	2,17 ^a ± 0,27
Purpurowa Purple	12,54 ^b ± 0,05	38,86 ^a ± 0,58	57,12 ^b ± 0,06	4,60 ^b ± 0,48	1,57 ^b ± 0,33
Biała White	9,12 ^c ± 0,06	14,00 ^b ± 0,84	41,46 ^c ± 1,50	4,97 ^b ± 0,15	1,77 ^{ab} ± 0,20

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$).

*W przeliczeniu na kwas jabłkowy.

Mean values in columns indicated by the same letter do not differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

*Calculated on malic acid.

Badane korzenie marchwi cechowały się istotnie różną ogólną zawartością cukrów. Największą zawartością cukrów (57,12% s.m.) charakteryzował się korzeń marchwi purpurowej (tab. 1). Korzeń marchwi białej zawierał o blisko 27% mniej tych składników. Cukry redukujące występowały w ilości 14,00–38,86% s.m. i stanowiły 34% cukrów ogółem w przypadku korzenia marchwi białej. W korzeniach marchwi purpurowej i pomarańczowej udział cukrów redukujących był dwukrotnie większy.

Pod względem zawartości pektyn wyróżniał się korzeń marchwi pomarańczowej, w którym składniki te występowały w ilości 6,37% s.m. Korzenie marchwi purpurowej i białej zawierały średnio 25% mniej tego składnika (tab. 1).

Podobne zależności jak w przypadku pektyn zaobserwowano w przypadku kwasowości ogólnej. Jej wartość była największa w korzeniu marchwi tradycyjnej i wynosiła 2,17% s.m. Najmniejszą kwasowością (1,57% s.m.) cechował się korzeń marchwi purpurowej (tab. 1).

Uzyskane w prezentowanej pracy wyniki wskazały, że korzeń marchwi białej jest dobrym źródłem błonnika pokarmowego, lepszym nawet od korzenia marchwi tradycyjnej. Składnik ten stanowił aż 51% s.m. korzenia marchwi białej, podczas gdy w korzeniach marchwi pomarańczowej i purpurowej jego ilość nie przekraczała 40% s.m. (tab. 2). Istotne zróżnicowanie stwierdzono również w zawartości poszczególnych frakcji błonnika. Błonnik rozpuszczalny stanowił od 35% błonnika ogółem w korzeniu marchwi pomarańczowej do 40% błonnika ogółem w korzeniu marchwi białej.

Tabela 2. Zawartość błonnika w korzeniach marchwi o różnej barwie (% s.m.)

Table 2. Fibre content in carrot roots of different colour (% d.m.)

Rodzaj marchwi Carrot kind	Błonnik – Fibre		
	rozpuszczalny soluble	nierozpuszczalny insoluble	pokarmowy dietary
	$\bar{x} \pm SD$		
Pomarańczowa Orange	13,86 ^a ±0,72	25,81 ^a ±0,19	39,67 ^a ±0,68
Purpurowa Purple	11,40 ^b ±0,48	22,43 ^b ±0,47	33,84 ^b ±0,83
Biała White	20,44 ^c ±1,30	30,32 ^c ±2,29	50,76 ^c ±3,59

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$).
Mean values in columns indicated by the same letter do not differ statistically significantly ($p \leq 0,05$).

Największą zawartością witaminy C (21,7 mg w 100 g s.m.) charakteryzował się korzeń marchwi pomarańczowej (tab. 3). Trzykrotnie mniej tego składnika zawierał korzeń marchwi białej (7,5 mg w 100 g s.m.). Z kolei korzeń marchwi purpurowej zawierał pośrednią ilość witaminy C (13,7 mg w 100 g s.m.) (tab. 3).

Spośród przebadanych rodzajów marchwi najwięcej karotenoidów ogółem (149,7 mg w 100 g s.m.) zawierał korzeń marchwi pomarańczowej. Korzeń marchwi purpurowej charakteryzował się istotnie mniejszą zawartością tych składników (ok. 15 mg

Tabela 3. Zawartość związków biologicznie aktywnych w korzeniach marchwi o różnej barwie (mg w 100 g s.m.)

Table 3. Content of biologically active compounds in carrot roots of different colour (mg per 100 g d.m.)

Rodzaj marchwi Carrot kind	Witamina C Vitamin C	Karotenoidy – Carotenoids		Związki fenolowe ogółem* Total phenolic compounds*
		ogółem total	β-karoten β-carotene	
$\bar{x} \pm SD$				
Pomarańczowa Orange	21,7 ^a ±1,8	149,7 ^a ±13,9	74,2 ^a ±4,6	930 ^a ±61
Purpurowa Purple	13,7 ^b ±0,6	15,3 ^b ±0,5	9,1 ^b ±0,4	1 930 ^b ±57
Biała White	7,5 ^c ±1,5	3,0 ^b ±0,4	1,8 ^b ±0,3	806 ^c ±43

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie statystycznie ($p \leq 0,05$).

*W przeliczeniu na katechinę.

Mean values in columns indicated by the same letter do not differ statistically significantly ($p \leq 0.05$).

*Calculated on catechin.

w 100 g s.m.). Z kolei korzeń marchwi białej zawierał najmniej karotenoidów (3 mg w 100 g s.m.) (tab. 3). Dominującym karotenoidem we wszystkich korzeniach marchwi był β-karoten, który stanowił 50% sumy karotenoidów w korzeniu marchwi pomarańczowej oraz 59% sumy karotenoidów w korzeniach marchwi purpurowej i białej. Zawartość tego karotenoidu w korzeniach marchwi wynosiła odpowiednio: 74,2 mg w 100 g s.m. w przypadku marchwi pomarańczowej, 9,1 mg w 100 g s.m. w przypadku marchwi purpurowej oraz 1,8 mg w 100 g s.m. w przypadku marchwi białej (tab. 3).

Największą zawartość związków fenolowych (1930 mg w 100 g s.m.) stwierdzono w korzeniu marchwi purpurowej, a najmniejszą (806 mg w 100 g s.m.) – w korzeniu marchwi białej (tab. 3).

Dyskusja

W pracy wykazano, że korzenie marchwi białej, pomarańczowej oraz purpurowej z tych samych warunków uprawy różnią się nie tylko barwą, lecz także składem chemicznym. Skład chemiczny marchwi może być zależny od uwarunkowań genetycznych, a także od okresu wegetacji, warunków klimatyczno-glebowych oraz nawożenia, na co wskazują m.in. Boskovic-Rakocevic i in. (2012), Bozalan i Karadeniz (2011) oraz Gajewski i in. (2007, 2009, 2010).

Głównym składnikiem korzenia marchwi jest woda, której zawartość w świeżym surowcu wynosi od 85 do 94% (Talcott i in., 2001; Zielińska i in., 2006). W naszych badaniach zawartość wody kształtowała się w podobnym zakresie (87–91%).

Drugie pod względem udziału masowego w korzeniu marchwi są cukry, które nadają jej charakterystyczny słodki smak. Głównym cukrem jest sacharoza, która może

stanowić, w zależności od odmiany, 34–81% cukrów ogółem. Generalnie więcej sacharozy zawiera marchew purpurowa, natomiast w marchwi pomarańczowej zawartość tego cukru jest porównywalna do zawartości glukozy i fruktozy (Kreutzmann i in., 2008). W naszej pracy wykazano, że więcej cukrów zawiera korzeń marchwi purpurowej. Podobną współzależność zawartości cukrów i barwy korzenia marchwi stwierdzili Kreutzmann i in. (2008). Z kolei w badaniach Zadernowskiego i in. (2010) w korzeniu marchwi o ciemnym zabarwieniu, ale innej odmiany i z innego roku badań, stwierdzono większą zawartość tych składników, 70,04% s.m., z czego cukry redukujące stanowiły 61% cukrów ogółem.

Marchew jest również źródłem błonnika pokarmowego, który nie zwiększa wartości odżywczej posiłków, ale mimo to korzystnie wpływa na zdrowie człowieka oraz odgrywa ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu przewodu pokarmowego. Dieta bogata w błonnik pomaga zapobiegać zaparciom, reguluje poziom cukru we krwi, chroni przed chorobami wieńcowymi serca oraz zapobiega niektórym formom raka (Anderson i in., 1994). Gajewski i in. (2010) wykazali, że w skład błonnika pokarmowego korzenia marchwi, niezależnie od zabarwienia, wchodzi głównie celuloza (ok. 50%) oraz pektyny (ok. 35%). Jak wykazano w naszej pracy, więcej błonnika zawiera korzeń marchwi białej: 51% s.m. Na zmienność zawartości błonnika w korzeniach różnych odmian marchwi wskazują m.in. badania Zielińskiej i in. (2006).

Pektyny, które w badanych korzeniach marchwi stanowiły 5–6% s.m., są ważnym składnikiem teksturotwórczym. Związki te regulują gospodarkę wodną oraz stanowią międzykomórkową substancję sklejającą i budującą blaszkę środkową (Christiaens i in., 2012; Zadernowski i in., 2003). Na zmienność zawartości pektyn w korzeniu marchwi w zależności od odmiany wskazały badania Gajewskiego i in. (2007). Autorzy wykazali, że zawartość pektyn kształtowała się w zakresie 5–8% s.m., i skrajnie różne okazały się dwie odmiany o żółtym zabarwieniu korzenia ('Yellowston' i 'Mello Yello'). Podobną jak w niniejszej pracy zawartość pektyn w korzeniu marchwi uzyskali Zadernowski i in. (2010). Z kolei kwasowość ogólna w badanej przez cytowanych autorów czarnej marchwi była większa niż ta prezentowana w naszej pracy, i wynosiła 1,67% s.m. Znacznie większe wartości kwasowości ogólnej, zawierające się w zakresie 7,26–13,9% s.m., podali Talcott i in. (2001). Tak duże wartości mogły prawdopodobnie być wynikiem przechowywania surowca przed przeprowadzeniem badań, na co wskazali autorzy w opisie materiału badawczego. Jak podają Zadernowki i in. (2003), przez przemysł sokowniczy bardziej preferowana jest marchew o większej kwasowości, ponieważ duża wartość pH soku wymaga wyższej temperatury do jego utrwalania.

Korzeń marchwi zawiera również witaminę C, która jako naturalny antyoksydant spełnia w organizmie człowieka wiele różnorodnych funkcji, m.in. wpływa korzystnie na przyswajanie żelaza i wzrost odporności na niektóre choroby wirusowe i bakteryjne oraz zapobiega toksycznemu działaniu metali ciężkich (Byers i Perry, 1992). W pracy wykazano związek zawartości witaminy C z zabarwieniem korzenia marchwi. Najmniej tej witaminy zawierał korzeń marchwi o białym zabarwieniu. Korzeń marchwi o purpurowym zabarwieniu zawierał średnią ilość tego związku, podobnie jak korzeń marchwi czarnej (14,80 mg w 100 g s.m.), badanej przez Zadernowskiego i in. (2010). Na dużą zmienność odmianową tej cechy wskazują m.in. badania Nawirskiej i Król (2004), które zbadały cztery odmiany marchwi o pomarańczowym zabarwieniu korzenia i stwierdziły nawet dwukrotną różnicę w zawartości witaminy C.

Zawartość karotenoidów w korzeniach marchwi jest ściśle związana z ich zabarwieniem. W pracy wykazano, że korzeń marchwi pomarańczowej był najbogatszy w te związki, natomiast korzenie marchwi białej i purpurowej zawierały ich ponad dziesięciokrotnie mniej. Tak duże zróżnicowanie zawartości karotenoidów w korzeniach marchwi różnych odmian potwierdziły badania Gajewskiego i in. (2007), Koleya i in. (2014) oraz Nawirskiej i Król (2004). Cytowani autorzy stwierdzili, że zawartość β -karotenu w świeżym korzeniu marchwi może się kształtować w szerokim zakresie: 0,34–14 mg w 100 g.

Przeprowadzone badania wskazały na znacznie większą zawartość związków fenolowych w korzeniu marchwi o purpurowym zabarwieniu niż w korzeniu o pomarańczowym i białym zabarwieniu. Podobne zakresy wartości oraz zależności stwierdzono w pracy Nicolle i in. (2004). Z kolei większą niż w niniejszej pracy zawartość polifenoli w korzeniu marchwi pomarańczowej (1400–1582 mg w 100 g s.m.) wykazano w badaniach wykonanych przez Cieślík i in. (2006). Na zróżnicowanie odmianowe i roku uprawy wskazali również Gajewski i in. (2007). W zależności od roku uprawy korzeń marchwi purpurowej ('Purple Haze') zawierał w świeżej masie 140–190 mg polifenoli w 100 g. Z kolei w korzeniu marchwi pomarańczowej i żółtej związki te występowały na podobnym poziomie, około 40 mg w 100 g, przy małym wpływie roku uprawy. W marchwi czarnej Zadernowski i in. (2010) stwierdzili zawartość polifenoli na poziomie 2185,72 mg w 100 g s.m., z czego 18% stanowiły antocyjany. Zróżnicowaną zawartość polifenoli w świeżej masie korzeni marchwi o różnym zabarwieniu potwierdzili również Leja i in. (2013). W ich badaniach korzenie marchwi białej i żółtej zawierały około 20 mg w 100 g, marchwi pomarańczowej i czerwonej – około 30 mg w 100 g, a purpurowej – około 246 mg w 100 g. Wykazano również, że we wszystkich rodzajach marchwi dominowały fenylopropanoidy, od 21% sumy polifenoli w korzeniu marchwi żółtej do 30% sumy polifenoli w korzeniu marchwi purpurowej. Flawonole stanowiły w badanych przez wymienionych autorów rodzajach marchwi około 16% wszystkich polifenoli. Antocyjany występowały głównie w korzeniu marchwi purpurowej (21% ogółu fenoli), a w pozostałych rodzajach marchwi były w ilości nie większej niż 0,5 mg w 100 g świeżej masy. Zawartość związków fenolowych w korzeniu marchwi jest również zróżnicowana w różnych częściach marchwi, najwięcej tych związków znajduje się w skórce, następnie we floemie, a najmniej w ksylemie (Zhang i Hamazu, 2004).

Według danych prezentowanych przez Cieślík i in. (2006) marchew jest jednym z głównych warzyw dostarczających polifenoli w diecie człowieka, zarówno w postaci surowej, jak i przetworzonej (soki, mrożonki). Obecność związków fenolowych w produktach z marchwi wpływa na jej właściwości sensoryczne, tj. kolor, smak i zapach (Kreutzmann i in., 2008; Talcott i in., 2001), dlatego też zmiana ich zawartości może być dobrym wskaźnikiem w ocenie jakości warzyw podczas ich przetwarzania i przechowywania.

Różna zawartość w korzeniu marchwi bioaktywnych związków o różnym zabarwieniu determinuje ich aktywność przeciwutleniającą. Gajewski i in. (2007) stwierdzili, że metanolowe ekstrakty z korzenia marchwi purpurowej wykazywały znacznie lepszą aktywność przeciwutleniającą niż ekstrakty z korzeni marchwi pomarańczowej i żółtej, hamowanie aktywności przeciwutleniającej rodnika DPPH było większe nawet o 85%.

Wnioski

1. Badane odmiany marchwi charakteryzowały się zróżnicowanym składem chemicznym i różną zawartością składników bioaktywnych.

2. Korzeń marchwi pomarańczowej wyróżnia się pod względem zawartości pektyn oraz karotenoidów, w tym głównie β -karotenu.

3. Korzeń marchwi purpurowej zawiera najwięcej cukrów ogółem oraz związków fenolowych, a najmniej błonnika.

4. Korzeń marchwi białej zawiera najwięcej błonnika, ale najmniej naturalnych antyoksydantów, takich jak związki fenolowe, karotenoidy i witamina C.

Literatura

- Anderson, J. W., Smith, B. M., Gustafson, N. S. (1994). Health benefit and practical aspects of high fiber diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59 (suppl.), 1242–1247.
- Arscott, S. A., Tanumihardjo, S. A. (2010). Colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 9, 2, 223–239.
- Astorg, P. (1997). Food carotenoids and cancer prevention: an overview of current research. *Trends Food Sci. Technol.*, 8, 12, 406–413.
- Baranska, M., Baranski, R., Schulz, H., Nothnagel, T. (2006). Tissue-specific accumulation of carotenoids in carrot roots. *Planta (Berl.)*, 224, 1028–1037.
- Boskovic-Rakocevic, L., Pavlovic, R., Zdravkovic, J., Zdravkovic, M., Pavlovic, N., Djuric, M. (2012). Effect of nitrogen fertilization on carrot quality. *Afr. J. Agric. Res.*, 7, 18, 2884–2900.
- Bozalan, N. K., Karadeniz, F. (2011). Carotenoid profile, total phenolic content, and antioxidant activity of carrots. *Int. J. Food Prop.*, 14, 5, 1060–1068.
- Brown, E. D., Micozzi, M. S., Craft, N. E., Bieri, J. G., Beecher, G., Edwards, B. K., Rose, A., Taylor, P. R., Smith, J. C. (1989). Plasma carotenoids in normal men after a single ingestion of vegetables or purified β -carotene. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49, 6, 1258–1265.
- Byers, T., Perry, G. (1992). Dietary carotenes, vitamin C, and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. *Ann. Rev. Nutr.*, 12, 139–159.
- Christiaens, S., Van Buggenhout, S., Chaula, D., Moelants, K., David, Ch. C., Hofkens, J., Van Loey, A. M., Hendrickx, M. E. (2012). *In situ* pectin engineering as a tool to tailor the consistency and syneresis of carrot purée. *Food Chem.*, 133, 1, 146–155.
- Cieślak, E., Gręda, A., Adamus, W. (2006). Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chem.*, 94, 1, 135–142.
- Czapski, J., Kidoń, M., Olejnik, A., Witrowa-Rajchert, D. (2009). Marchew purpurowa jako surowiec dla przetwórstwa owocowo-warzywnego. *Przem. Ferm. Owoc.-Warzywny*, 53, 1, 31–33.
- Gajewski, M., Szymczak, P., Bajer, M. (2009). The accumulation of chemical compounds in storage roots by carrots of different cultivars during vegetation period. *Acta Sci. Pol. Hort. Cult.*, 8, 4, 69–78.
- Gajewski, M., Szymczak, P., Elkner, K., Dąbrowska, A., Kret, A., Danilcenko, H. (2007). Some aspects of nutritive and biological value of carrot cultivars with orange, yellow and purple-coloured roots. *Veg. Crops Res. Bull.*, 67, 149–161.
- Gajewski, M., Węglarz, Z., Sereida, A., Bajer, M., Kuczkowska, A., Majewski, M. (2010). Carotenoid accumulation by carrot storage roots in relation to nitrogen fertilization level. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 38, 1, 71–75.
- Hamułka, J., Wawrzyniak, A., Sulich, A. (2012). Ocena spożycia β -karotenu, likopeny i luteiny w wybranej grupie osób dorosłych. *Rocz. PZH*, 63, 2, 179–186.

- Knockaert, G., Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Hendrickx, M., Van Loey, A. (2012). Changes in β -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree. *Food Chem.*, 133, 1, 60–67.
- Koley, T. K., Singh, S., Khemariya, P., Sarkar, A., Kaur, Ch., Chaurasia, S. N. S., Naik, P. S. (2014). Evaluation of bioactive properties of Indian carrot (*Daucus carota* L.): a chemometric approach. *Food Res. Int.*, 60, 76–85.
- Kreutzmann, S., Christensen, L. P., Edelenbos, M. (2008). Investigation of bitterness in carrots (*Daucus carota* L.) based on quantitative chemical and sensory analyses. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 41, 193–205.
- Leja, M., Kamińska, I., Kramer, M., Maksylewicz-Kaul, A., Kammerer, D., Carle, R., Baranski, R. (2013). The content of phenolic compounds and radical scavenging activity varies with carrot origin and root color. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 68, 2, 163–170.
- Lemmens, L., Colle, I., Moelants, K., Palmero, P., Van Buggenhout, S., Van Loey, A., Hendrickx, M. (2013). Carotenoid bioaccessibility as affected by food structure: relevant case studies on carrots and tomatoes. W: B. Nicolai, L. Piazza (red.), *InsideFood Symposium*, 9–12, April, Leuven, Belgium (s. 1–6). Leuven.
- Mayne, S. T., Graham, S., Zheng, T. (1991). Dietary retinol: prevention or promotion of carcinogenesis in humans? *Cancer Causes Control*, 2, 6, 443–450.
- Micozzi, M. S., Brown, E. D., Edwards, B. K., Bieri, J. G., Taylor, P. R., Khachik, F., Beecher, G. R., Smith, J. C. (1992). Plasma carotenoid response to chronic intake of selected foods and β -carotene supplements in men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 55, 6, 1120–1125.
- Mills, J. P., Simon, W., Tanumihardjo, S. A. (2008). Biofortified carrot intake enhances liver antioxidant capacity and vitamin – a status in Mongolian gerbils. *J. Nutr.*, 138, 1692–1698.
- Nawirska, A., Król, A. (2004). Marchew. Porównanie wybranych składników chemicznych czterech odmian. *Przem. Ferm. Owoc.-Warzywny*, 48, 1, 25–26.
- Nicolle, C., Simon, G., Rock, E., Amouroux, P., Révész, C. (2004). Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrot cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 129, 4, 523–529.
- Pasternak, K., Strychalska-Rudzewicz, A. (2005). Jakość soków pitnych w opinii konsumentów. *Przem. Spoż.*, 59, 11, 37.
- Pijanowski, E., Mroźewski, S., Horubała, A., Jarczyk, A. (1973). *Technologia produktów owocowych i warzywnych*. T. I. Warszawa: PWRiL.
- PN-90/A-75101/03. (1990). Przetwory owocowe i warzywno. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową. Warszawa: PKN.
- PN-90/A-75101/04. (1990). Przetwory owocowe i warzywno. Oznaczanie kwasowości ogólnej. Warszawa: PKN.
- PN-90/A-75101/07. (1990). Przetwory owocowe i warzywno. Oznaczanie zawartości cukrów i ekstraktu bezcukrowego. Warszawa: PKN.
- PN-90/A-75101/11. (1990). Produkty spożywcze. Przetwory owocowe i warzywno. Oznaczanie zawartości witaminy C. Warszawa: PKN.
- PN-90/A-75101/12. (1990). Przetwory owocowe i warzywno. Oznaczanie zawartości sumy karotenoidów i β -karotenu. Warszawa: PKN.
- PN-A-79011-15:1998. (1998). Koncentraty spożywcze. Oznaczanie zawartości błonnika pokarmowego. Przetwory owocowe i warzywno. Warszawa: PKN.
- Singleton, V., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.*, 299, 152–178.
- Speizer, F. E., Colditz, G. A., Hunter, D. J., Rosner, B., Hennekens, C. (1999). Prospective study of smoking, antioxidant intake and lung cancer in middle-aged women (USA). *Cancer Causes Control*, 10, 5, 475–482.
- Stolarczyk, J., Janick, J. (2011). Carrot: history and iconography. *Chron. Hortic.*, 51, 2, 13–18.

- Takita, Y., Ichimiya, M., Hamamoto, Y., Muto, M. (2006). A case of carotenemia associated with ingestion of nutrient supplements. *J. Dermatol. (Tokyo)*, 33, 2, 132–134.
- Talcott, S. T., Howard, L. R., Brenes, C. H. (2001). Factors contributing to taste and quality commercially processed strained carrots. *Food Res. Int.*, 34, 31–38.
- Zadernowski, R., Budrewicz, G., Borowska, E. J., Kaszubski, W. (2003). Sok z marchwi naturalnie mętnej – kryteria doboru surowca oraz optymalizacji procesu technologicznego. *Przem. Ferm. Owoc.-Warzywny*, 47, 5, 15–16.
- Zadernowski, R., Piłat, B., Czapliski, S., Ogrodowska, D. (2010). Characteristics of the black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *Pol. J. Nat. Sci.*, 25, 4, 438–443.
- Zhang, D., Hamauzu, Y. (2004). Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *J. Food Agric. Environ.*, 2, 1, 95–100.
- Zielińska, M., Borowska, J., Zapotoczny, P., Markowski, M., Zadernowski, R. (2006). Characteristics of the selected quality parameters of edible carrot varieties. *Pol. J. Nat. Sci.*, 20, 1, 443–454.

COMPARISON OF CHEMICAL COMPOSITION OF CARROT ROOTS OF ORANGE, PURPLE AND WHITE COLOUR

Summary. The aim of the study was to compare the chemical composition of carrot roots: orange, purple and white. The content of sugars, fibre, pectins, carotenoids, phenolic compounds and vitamin C was analysed. It has been shown that the chemical composition of roots was different for the studied varieties of carrots. The orange carrot root ('Koral') contained most of pectins (6.37% d.m.) and carotenoids (149.66 mg per 100 g d.m.), mainly β -carotene (approx. 50% of total carotenoids). In the purple carrot root ('Purple Haze F1') the highest total sugars (57.12% d.m.) were found, but the least fibre content. On the other hand white carrot root ('White Satin F1') contained the most of the fibre (50.76% d.m.), as well as the most soluble fraction (40%) of the total content.

Key words: orange carrot, purple carrot, white carrot, chemical composition

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Beata Roszkowska, Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn, Poland, e-mail: beata.wronowska@uwm.edu.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:
10.08.2015

Do cytowania – For citation:

Roszkowska, B., Piłat, B., Tańska, M. (2015). Porównanie składu chemicznego korzeni marchwi o barwie pomarańczowej, purpurowej i białej. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 4, #59. DOI: 10.17306/J.NPT.2015.4.59