

Czynniki wpływające na jakość marchwi przeznaczonych do przetwórstwa

dr hab. Marek Gajewski, prof. SGGW
Katedra Roślin Warzywnych i Leczniczych SGGW

Marchew jest warzywem mającym duże znaczenie w żywieniu człowieka ze względu na to, że zawiera różne składniki wpływające korzystnie na nasze zdrowie. Ma również walory smakowe, niezależnie od formy spożycia. Cechy jakościowe korzeni marchwi, w tym ich skład chemiczny, zależą w dużym stopniu od genotypu, ale także od warunków uprawy. Znaczna część marchwi uprawiana jest do przetwórstwa. Przetwórstwo marchwi obejmuje minimalne przetwarzanie korzeni - tj. obieranie, nadawanie kształtu („baby carrots” lub „cut-and-peel carrots”), a także właściwe przetwarzanie - tj. puszkowanie, mrożenie, dehydratację, marynowanie, soki, krojenie na różne sposoby, „snacki” (cienkie plastry smażone jak frytki). Przeciętny skład chemiczny korzeni marchwi przedstawia się następująco: 85-90% stanowi woda, 7-10% cukry, 1% błonnik pokarmowy, 1% białko, 1% popiół, 0,2% tłuszcze. W skład błonnika wchodzi celuloza, hemiceluloza i ligniny.

Spośród związków chemicznych występujących w marchwi szczególne znaczenie dla człowieka mają związki karotenoidowe. Główne związki z tej grupy to β -karoten i α -karoten. Są one prowitaminą A, bowiem w organizmie człowieka powstaje z nich witamina A (retinol). Odgrywają również ważną rolę jako antyoksydanty, chroniące organizm przed destrukcyjnym wpływem wolnych rodników powstających w komórkach człowieka. W USA marchew jest źródłem około 30% witaminy A spożywanej przez ludność. Karotenoidy nadają korzeniom marchwi typowy dla nich pomarańczowo-czerwony kolor. Przy wysokiej zawartości karotenoidów kolor korzeni jest bardziej czerwony i ciemniejszy. Marchew jest poza tym ważnym surowcem do przemysłowej produkcji karotenu. Zawartość karotenoidów w marchwi waha się od 6 do 60 mg/100 g św. masy. Na ich zawartość mają wpływ genotyp, warunki klimatyczne i glebowe, a także obróbka pozbiorcza i przechowywanie. W wielu krajach prowadzone są prace hodowlane w kierunku zwiększenia zawartości karotenoidów. W ciągu ostatnich 25 lat średnia zawartość karotenoidów w odmianach marchwi uprawianych w USA wzrosła z 5 do 15 mg/100 g. Uzyskano tam linie hodowlane o zawartości karotenoidów sięgającej nawet 40-60 mg/100 g. Akumulacja karotenoidów jest szybsza w odmianach wczesnych, o szybszym tempie wzrostu, niż w odmianach późnych. Więcej karotenoidów znajduje się w korze niż w walcu osiowym korzenia, stąd większa grubość części korowej jest korzystną cechą odmianową. Przy uprawie na glebach piaszczysto-gliniastych stwierdzano w marchwi nieco wyższą zawartość karotenoidów niż przy uprawie na glebach ciężkich. Nawożenie mineralne wpływa w niewielkim stopniu na akumulację karotenoidów, natomiast istotny wpływ ma temperatura w okresie wegetacji. Największą zawartość karotenoidów stwierdzono w warunkach temperatury 15-21°C, natomiast temperatura poniżej 5°C i powyżej 30°C zmniejsza akumulację karotenoidów. Wraz z wiekiem korzeni marchwi następuje wzrost zawartości karotenoidów, jednak pod koniec wegetacji ich

zawartość stabilizuje się. Przy późnym siewie zawartość karotenoidów w korzeniach jest mniejsza niż przy siewie wcześniejszym. Przy przechowywaniu marchwi w optymalnych warunkach początkowo brak jest zmian w zawartości karotenoidów lub następuje lekki jej wzrost, ale potem następuje spadek (w czasie wyrastania naci). Przy suszeniu korzeni następuje spadek zawartości karotenoidów, zwłaszcza przy dłuższym przechowywaniu suszu. Wpływa to na utratę intensywności jego barwy.

W ostatnich latach w ofercie odmianowej w Europie pojawiły się odmiany marchwi o fioletowym lub czarnym zabarwieniu korzeni. Zawierają one antocyjany, barwniki roślinne o barwie niebiesko-fioletowej. Antocyjany są to związki fenolowe o silnych właściwościach antyoksydacyjnych, stąd ich wysoka zawartość w marchwi wpływa korzystnie na walory prozdrowotne tego warzywa.

W korzeniach marchwi występują też składniki negatywnie wpływające na jej wartość biologiczną. Należą do nich azotany i metale ciężkie. Szkodliwość azotanów wynika z tego, że ulegają w przewodzie pokarmowym redukcji do toksycznych azotynów. Dopuszczalna zawartość azotanów w marchwi wynosi 400 mg NO₃/kg, a w marchwi przeznaczonej na przetwory dla dzieci - do 200 mg NO₃/kg. Skłonność do akumulacji azotanów jest cechą odmianową, jednak zasadniczy wpływ mają warunki uprawy. W nawożeniu należy przestrzegać sumarycznych dawek azotu zalecanych w produkcji integrowanej i nie stosować nawożenia azotowego zbyt późno w okresie wegetacji. Nadmiar azotu, zwłaszcza w połączeniu ze zbyt późnym nawożeniem pogłównym, pogarsza poza tym trwałość przechowalniczą marchwi. Na zawartość azotanów w marchwi wywiera wpływ intensywność światła w sezonie wegetacyjnym. Spadek intensywności powoduje wzrost zawartości azotanów. Dobra zdrowotność liści na plantacji wpływa na lepsze przyswajanie azotanów przez roślinę i na obniżenie ich zawartości w korzeniach. Również opóźnienie zbioru sprzyja zmniejszeniu zawartości azotanów w korzeniach. Natomiast po to, aby uniknąć nadmiernej akumulacji kadmu w korzeniach, nie należy uprawiać marchwi na glebach o podwyższonej zawartości tego składnika oraz stosować nawozy mineralne pochodzące z pewnych źródeł. Należy tu wspomnieć, że uprawa marchwi na glebach o niskim pH sprzyja większej akumulacji kadmu.

Cechą jakościową istotną zwłaszcza w uprawie marchwi na świeży rynek jest kształt korzeni. Jest on zdeterminowany genetycznie (różne typy marchwi charakteryzują się swoistym kształtem korzenia), ale może też być modyfikowany przez warunki środowiska. Niska temperatura (10-15°C) i mała wilgotność gleby zwiększa stosunek długości do szerokości korzeni. Natomiast dolne części korzeni są bardziej zaokrąglone po okresie wysokiej temperatury.

Ważnymi cechami sensorycznymi marchwi są: słodkość, ostrość, gorzkość i tekstura. Na smak marchwi wpływa szereg związków, głównie cukry oraz terpeny. Charakterystyczny aromat nadaje marchwi olejek metoksyprazyna. Zaznacza się duży wpływ czynników genetycznych, środowiskowych i pozbiornych na wartość smakową marchwi. Według literatury, ogólna zawartość olejków eterycznych w marchwi pozostaje stała przez okres 140 dni od siewu, ale zawartość poszczególnych składników może się zmieniać. Bezpośrednio przed zbiorem ogólna zawartość olejków zwiększa się. Stąd wczesny zbiór wpływa na niepełny aromat korzeni.

Słodki smak marchwi świeżej i przetworzonej zależy w dużym stopniu od zawartości w niej związków cukrowych - glukozy, fruktozy (cukry proste) i sacharozy (dwucukier). Słokość i ogólna smakowitość marchwi jest większa przy większej zawartości cukrów, natomiast smak ostry, terpentynowy, zwiększa się przy dużej zawartości związków lotnych i małej zawartości cukrów. Wysoki stosunek zawartości cukrów do terpenów jest kojarzony przez konsumentów ze smakiem świeżej marchwi. Wrażenie smaku słodkiego nie jest jednak zależne tylko od zawartości cukrów i zależy od stosunku zawartości cukrów do zawartości innych związków wpływających na smak. Zawartość cukrów zależy między innymi od cech odmianowych. U różnych odmian waha się ona w granicach od 4 do 10%. Prowadzone są prace hodowlane w kierunku zwiększenia zawartości cukrów w korzeniach marchwi. Warunki uprawy i termin zbioru mają tu jednak większy wpływ niż odmiana. Cukry proste - glukoza i fruktoza akumulują się we wczesnych stadiach rozwoju korzeni, natomiast sacharoza bezpośrednio przed zbiorem. Wyróżnia się trzy stadia w okresie wegetacji marchwi. Stadium I charakteryzuje się brakiem cukrów rozpuszczalnych. W stadium II następuje akumulacja cukrów redukujących - glukozy i fruktozy. W stadium III następuje akumulacja sacharozy. W ostatnim stadium występuje wysoki stosunek zawartości sacharozy do cukrów prostych. Akumulacja skrobi w korzeniach marchwi jest natomiast niska (stanowi ona 1-10% suchej masy korzeni). Wraz z opóźnieniem zbioru marchwi wzrasta stosunek sacharozy do cukrów prostych, stąd stosunek ten może być wskaźnikiem dojrzałości zbiorczej marchwi - powinien on być wysoki w momencie zbioru. Ciepła pogoda powoduje wzrost stosunku zawartości sacharozy do cukrów prostych. Krótki i chłodny okres wegetacji wpływa natomiast na mniejszą zawartość sacharozy. Zawartość suchej masy, na którą składają się głównie cukry, wzrasta około 1,5 razy przy wzroście temperatury podłoża i powietrza z 15°C do 25°C. W badaniach sensorycznych stwierdzono, że niska temperatura w czasie wegetacji sprzyja zwiększeniu intensywności smaku słodkiego, kruchości i soczystości marchwi. Wysoka temperatura wpływa natomiast na smak bardziej gorzki i większą twardość korzeni. Różnica temperatur między dniem a nocą nie wpływa tak bardzo, jak wartość stałej temperatury dobowej.

Warunki przechowywania istotnie wpływają na zawartość cukrów w korzeniach. Przy przechowywaniu marchwi w KA o składzie 2-4% CO₂ + 10% O₂ stwierdza się większą zawartość sacharozy niż przy przechowywaniu w normalnej atmosferze.

Przyczyną ostrego smaku marchwi są związki terpenowe. Smak ten jest zauważalny zwłaszcza przy niskiej zawartości cukrów. Gorzkość korzeni jest natomiast powodowana przez izokumarynę. Nawet śladowe ilości etylenu w czasie przechowywania (rzędu 0,5-1,0 ppm) powodują już po dwóch tygodniach przechowywania powstanie izokumaryny i w efekcie gorzknienie korzeni. Na akumulację tego związku wpływa też porażenie korzeni przez choroby.

Dobra jakościowo odmiana marchwi do przetwórstwa powinna odznaczać się intensywnym wybarwieniem korzeni, a co za tym idzie wysoką zawartością karotenoidów, małym udziałem walcu osiowego w średnicy korzenia oraz intensywnym jego zabarwieniem, nie różniącym się od zabarwienia części korowej. Duży walec osiowy u odmiany jest cechą niepożądaną, gdyż jest mniej zasobny w substancje odżywcze (zwłaszcza karotenoidy), a gromadzi więcej azotanów. Ze względu na bezpieczeństwo spożycia, do uprawy należy przeznaczać przede wszystkim odmiany charakteryzujące się małą skłonnością do akumulacji azotanów i metali ciężkich. Odmiany przeznaczone na wczesny zbiór winny odznaczać się

poza tym szybkim tempem wzrostu i szybkim wybarwianiem korzeni. Odmiany do długiego przechowywania powinny natomiast charakteryzować się dobrą zdolnością przechowalniczą, a przeznaczone na susz wysoką zawartością suchej masy. Szczególnie duże znaczenie ma dobór odmiany przy uprawie z przeznaczeniem na produkcję przetworów dla dzieci. Oprócz wysokiej wartości biologicznej i odżywczej (wysoka zawartość karotenów i cukrów) odmiana taka powinna charakteryzować się małą skłonnością do gromadzenia azotanów i metali ciężkich.

Przykładowo, spośród odmian przemysłowych dobrymi cechami odznaczają się m.in. odmiany: 'Karotan', 'Kathmandu' F1, 'Kraków' F1, 'Kamila' F1, 'Kalina' F1, 'Atol' F1, 'Sirkana' F1, 'Sunset' F1, 'Fayette' F1, 'Nela' F1 i 'Regulska'. Do produkcji marchwi z przeznaczeniem na ciętą i polerowaną marchew „baby carrots” nadaje się marchew typu Imperator, o długim korzeniu, np. odmiana 'Interceptor' F1. Spośród odmian o fioletowej barwie korzeni (zawierających antocyjany) godne uwagi są 'Purple Haze' F1 (o walcu osiowym pomarańczowym) i 'Deep Purple' F1 (o fioletowym całym korzeniu). Odmiany o żółtej barwie to 'Yellowstone' F1 i 'Mello Yello' F1. Istotną wadą odmian o jasnej barwie korzenia jest skłonność do zielonego zabarwienia górnej części korzenia.

W Katedrze Roślin Warzywnych i Leczniczych SGGW są prowadzone badania nad wartością użytkową różnych odmian marchwi, w tym o fioletowych, żółtych i białych korzeniach. Wyniki doświadczeń wskazują, że wymienione odmiany fioletowe wykazują znacznie większą zawartość związków o działaniu antyoksydacyjnym (głównie antocyjanów). Charakteryzują się poza tym wysoką zawartością cukrów i suchej masy, a ich jakość sensoryczna była wysoko oceniona w ocenie konsumenckiej.

Dobra jakość marchwi w okresie długotrwałego przechowywania zależy od wielu czynników. Do długiego przechowywania nadają się odmiany z grupy odmian późnych. Przy doborze stanowiska pod uprawę marchwi do przechowywania trzeba zwrócić uwagę na występowanie guzaka północnego, który powoduje zniekształcenia korzeni i ich gorsze przechowywanie. Marchew późną uprawia się coraz częściej na redlinach. Zapewnia to lepszy kształt korzeni niż uprawa na płask. Redliny powinny być uformowane bezpośrednio przed siewem, z użyciem odpowiednich dla danej gleby maszyn, zapewniających właściwe jej ugniecenie (nie za małe i nie za duże). Ważne jest też przestrzeganie zalecanych w uprawie marchwi dawek nawozów. Dawki te należy dobrać w oparciu o wyniki analizy gleby. Próbkę gleby do analizy powinno się pobrać losowo, z kilkunastu miejsc pola wiosną, przed uformowaniem redlin, ale wskazane jest również pobranie próbek z redlin, bezpośrednio po wschodach. Da to dodatkową informację na temat zawartości składników w bezpośrednim otoczeniu roślin. Nadmiar azotu, zwłaszcza przy zbyt późnym nawożeniu pogłównym, pogarsza jakość i trwałość przechowalniczą. Interesujące, że w czasie przechowywania w zalecanych warunkach obserwuje się stopniowy spadek zawartości azotanów w korzeniach.

Marchew przeznaczoną do przetwórstwa trzeba zwykle przechować przez pewien okres. Do przechowywania powinno się zbierać korzenie dobrze wyrosnięte, ale nie za stare. Zalecany termin siewu to połowa maja, a termin zbioru - pierwsza połowa października, najlepiej przy bezdeszczowej pogodzie. Istotne jest unikanie uszkodzeń mechanicznych przy zbiorze. Zaraz po zbiorze należy obciąć liście. Dopuszcza się także przycięcie głowy korzenia spichrzowego. Do przechowywania nadają się tylko korzenie zdrowe, kształtne, nieuszkodzone i nie zwiędnięte. Optymalne warunki przechowywania to temperatura 0-1°C

i wilgotność powietrza 95-98%. Przechowywanie marchwi w warunkach chłodni KA jest przez niektórych autorów nie zalecane, jednak przy składzie atmosfery 2-4% CO₂ + 10% O₂ obserwowano mniejsze gorzknienie marchwi oraz mniejszy spadek zawartości cukrów niż przy przechowywaniu jej w normalnej atmosferze. Ze względu na koszty przechowywania, technologia KA nie jest jednak stosowana do przechowywania surowca przeznaczonego do przetwórstwa. Coraz częściej marchew przechowuje się w chłodniach, w specjalnych paletach skrzyniowych o drewnianej konstrukcji.

Podczas przechowywania marchwi istotnym czynnikiem pogarszającym jakość korzeni są choroby pochodzenia grzybowego i bakteryjnego. Poniżej omówiono najważniejsze z nich.

Czarna zgnilizna korzeni (*Alternaria radicina*, *Stemphylium radici*). Źródłem zakażenia są nasiona i resztki poźniwne. Gnijące tkanki są czarne, powstają wilgotne powierzchniowe zagłębienia. Choroba pojawia się często podczas przechowywania korzeni i poraża je aż do rdzenia. Istotną rolę w zapobieganiu chorobie odgrywa zmianowanie i zaprawianie nasion.

Zgnilizna twardzikowa. Porażone korzenie są w miejscach infekcji pokryte białą watowatą grzybnią, na której rozwijają się czarne sklerocja grzyba. Infekcja następuje zwykle w polu, poprzez zranienia tkanek. Patogen rozwija się w różnych warunkach. Jest groźny zwłaszcza w czasie zimnej, wilgotnej pogody i w przechowalniach.

Szara pleśń (*Botrytis cinerea*). Na porażonych tkankach widać charakterystyczne objawy -szary puszysty nalot zarodnikującej grzybni. Potem pojawiają się czarne sklerocja. Zarodniki konidialne infekują rośliny w warunkach wysokiej wilgotności powietrza. Grzyb poraża zwłaszcza korzenie uszkodzone, zbierane w czasie deszczu. Istotną rolę w profilaktyce odgrywa higiena pomieszczeń i opakowań.

***Mycocentrospora acerina*.** Grzyb ten uszkadza powierzchnię korzenia. Objawy są podobne do czarnej zgnilizny, ale wokół plam występuje wodnista, brązowa obwódka.

Rizoktonioza korzeni marchwi (*Rhizoctonia solanicarotae*). W czasie przechowywania marchwi powstają powierzchniowe, zapadnięte, nekrotyczne plamy na korzeniach. Przy silnym porażeniu korzenie gniją. Grzyb poraża szczególnie marchew uprawianą na glebach torfowych.

Mokra zgnilizna warzyw korzeniowych (*Erwinia carotovora*, *Pseudomonas marginalis*). Jest to choroba bakteryjna. Porażone tkanki nabierają mazistej konsystencji. Infekcja następuje zwykle pod koniec wegetacji i w czasie zbioru przy deszczowej pogodzie, często w miejscach uszkodzonych. Zapobieganie chorobie polega na zmianowaniu, unikaniu uszkodzeń korzeni i właściwym terminie zbioru.