

Wpływ techniki suszenia konwekcyjnego na wybrane wyznaczniki jakości suszonej tkanki roślinnej

Streszczenie:

W pracy badano wpływ różnych sposobów doprowadzenia powietrza podczas suszenia konwekcyjnego na wybrane wskaźniki jakości suszonej marchwi i ziemniaka. Rodzaj techniki suszenia ma wpływ na przebieg procesu. Poprawienie warunków wymiany ciepła i masy, poprzez wprawienie złoża w stan fluidalny, skraca czas suszenia o ok. 30% jedynie w przypadku marchwi i przyspiesza usuwanie wody z ziemniaka w początkowej fazie procesu. Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu techniki suszenia na zdolność materiału do rehydracji. Zastosowanie suszenia fluidalnego powoduje największe ubytki karotenów w marchwi (56%) i witaminy C w ziemniaku (51%). Technika suszenia w największym stopniu pozwalającą zachować te związki jest metoda zapewniająca jak najmniejszy kontakt suszonego materiału z powietrzem.

Słowa kluczowe: ziemniak, marchew, rehydracja, witamina C, karoten

Wstęp

Prawie wszystkie sektory przemysłu wykorzystują proces suszenia w określonych, najczęściej końcowych etapach produkcji. Jako najczęściej ostatni etap w cyklu technologicznym suszenie jest również odpowiedzialne za jakość końcowego produktu, a przez odpowiednie prowadzenie procesu suszenia można kształtować w pewnym stopniu właściwości tego produktu. Niestety, istotnym elementem suszenia żywności jest pogarszanie się jakości produktu. Usunięcie wody prowadzi zwykle do zmniejszenia wartości odżywczej oraz pogorszenia cech sensorycznych żywności, co jest spowodowane głównie reakcjami chemicznymi, takimi jak brązowienie nieenzymatyczne, różne procesy utleniania, przemiany witamin i denaturacja białek [Durance, Wang 2002]. Intensywność zmian zależy przede wszystkim od rodzaju materiału i metody suszenia. Przykładowo straty witaminy C w suszonych konwekcyjnie ziemniakach dochodzą do 50%, w liofilizowanym soku z czarnej porzeczki wynoszą tylko 5%, zaś w suszonych konwekcyjnie lub naturalnie morelach mogą sięgać 90% [Jayaraman, Das Gupta 1996; Ho i in. 2001]. W przypadku karotenu jego ubytki na ogół nie przekraczają 50%, np. w suszonej konwekcyjnie i liofilizowanej marchwi wynoszą odpowiednio 50 i 5% [Prakash i in. 2004; Shadle i in. 1983], zaś w naturalnie suszonych morelach – 14% [Jayaraman, Das Gupta 1996].

Ponadto suszeniu towarzyszy skurcz, zmiana powierzchni, zmiana tekstury oraz zmiana właściwości mechanicznych. Utrata soczystości charakterystycznej dla świeżych owoców i warzyw, niekorzystne zmiany barwy i zapachu, wolna lub niecałkowita rehydracja są podstawowymi wadami suszonej żywności [Witrowa-Rajchert, 2004].

Wykorzystując proces suszenia podczas produkcji żywności, należy uwzględniać wszystkie negatywne zjawiska z nim związane. Celowy jest więc

dobór odpowiedniej metody dla uzyskania jak najlepszego produktu. Metoda najpowszechniej stosowana do suszenia surowców roślinnych to suszenie konwekcyjne. Dlatego celem pracy było zbadanie wpływu różnych sposobów doprowadzenia powietrza podczas suszenia konwekcyjnego na wybrane wskaźniki jakości suszonej marchwi i ziemniaka.

Metodyka badań

Do badań użyto marchwi odmiany *Beyo* oraz ziemniak odmiany *Irga*. Surowiec krojono w kostki o boku 1 cm i blanszowano w wodzie (95°C, 1,5 min.).

Zastosowano trzy warianty suszenia: suszenie konwekcyjne z przepływem powietrza wzdłuż warstwy materiału, suszenie konwekcyjne z przepływem powietrza prostopadłe, czyli przez warstwę materiału i suszenie fluidalne, powtarzając dwukrotnie każdy wariant. Procesy te prowadzono w suszarkach laboratoryjnych, wykonanych dla celów badawczych procesu suszenia w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW. W przypadku dwóch pierwszych wariantów zastosowano temperatury powietrza 60 i 70°C, odpowiednio dla ziemniaka i marchwi, oraz prędkość przepływu powietrza 2 m/s. Parametry suszenia fluidalnego różniły się od pozostałych procesów jedynie prędkością przepływu powietrza, wynoszącą 4,5 m/s. Obciążenie suszarki każdorazowo było równe 0,4 kg.

W celu określenia kinetyki suszenia konwekcyjnego z przepływem powietrza wzdłuż warstwy, rejestrowano w sposób ciągły masę materiału, przy pomocy programu komputerowego POMIAR. W przypadku pozostałych wariantów suszenia dokonywano pomiaru temperatury i wilgotności powietrza na wlocie i wylocie z urządzenia za pomocą psychrometrów firmy AHLBORN, prowadząc ciągłą akwizycję danych. Na ich podstawie obliczono ubytki masy podczas suszenia.

Jakość uzyskanych suszy oceniano na podstawie ich zdolności do powtórnego uwadniania (rehydracja), zawartości witaminy C w ziemniaku oraz karotenu w marchwi. Pomiar właściwości powtarzano dwukrotnie dla każdego suszenia (otrzymane wartości są więc średnią z czterech powtórzeń).

Zdolność do rehydracji wyrażano względnym przyrostem masy i względnym ubytkiem rozpuszczalnych składników suchej substancji po 4 h uwadniania w wodzie w temperaturze pokojowej, które wyznaczano na podstawie pomiarów masy i zawartości suchej substancji (zgodnie z PN-90/A-75101/03).

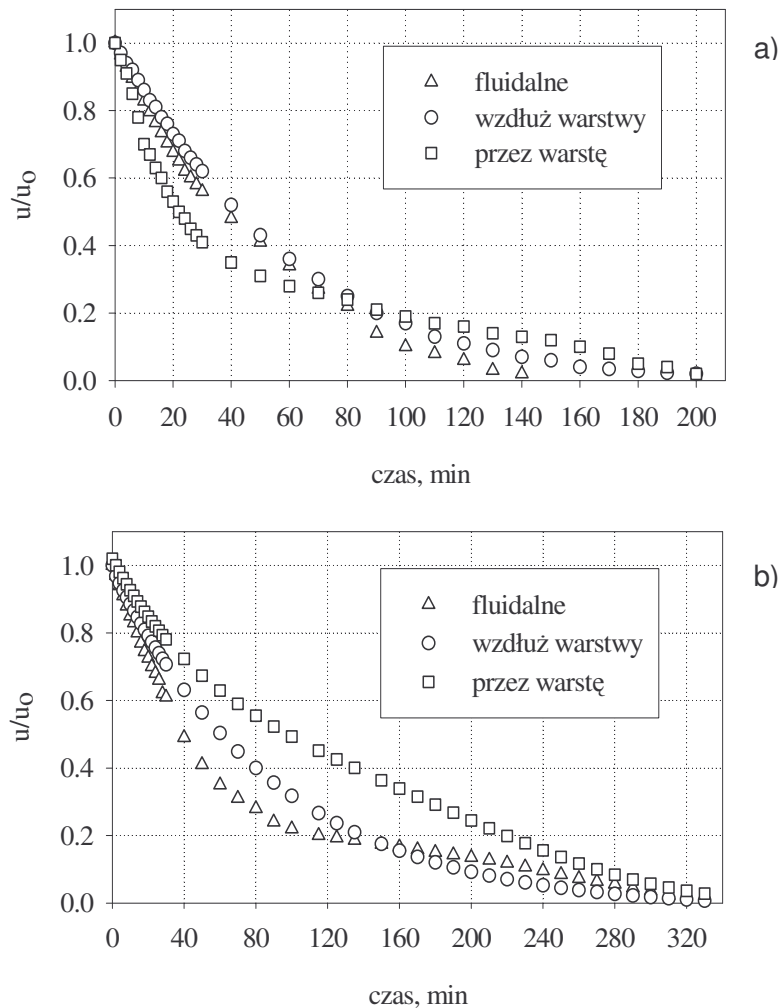
Zawartość witaminy C oznaczano w ziemniaku blanszowanym bezpośrednio po wysuszeniu zgodnie z PN-90/A-75101/11.

Zawartość karotenu oznaczano w marchwi blanszowanej bezpośrednio po wysuszeniu zgodnie z PN-90/A-75101/12.

Wyniki i ich omówienie

Rodzaj techniki suszenia ma wpływ na przebieg procesu. Krzywe suszenia, obrazujące zmiany względnej zawartości wody w czasie, przedstawia rysunek 1. Wartości u i u_0 są to zawartości wody w materiale, odpowiednio po

określonym czasie i na początku suszenia. Zawartość wody wyrażono jako ilość kilogramów wody przypadających na jeden kilogram suchej substancji (kg/kg ss).



Rys. 1. Krzywe suszenia marchwi (a) i ziemniaka (b)

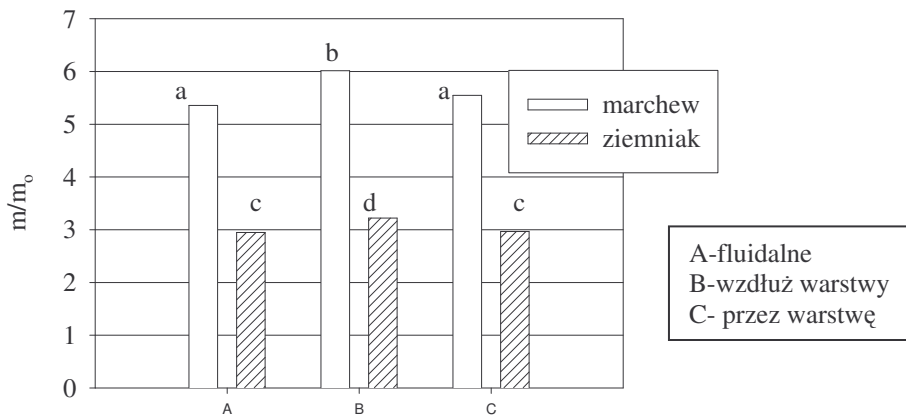
Fig. 1. Drying curves for carrot (a) and potato (b)

Poprawienie warunków wymiany ciepła i masy, poprzez wprawienie złoża w stan fluidalny, skraca czas suszenia do osiągnięcia zawartości wody 0,02 kg/kg s.s. o około 30%, z 200 do 140 minut, jedynie w przypadku marchwi (Rys. 1a). Przyspiesza natomiast usuwanie wody z ziemniaka w początkowej fazie procesu, do około 150 minuty (Rys. 1b).

Rehydracja suszu powoduje przyrost jego masy. Zmiany masy spowodowane są wnikaniem wody do wnętrza materiału na zasadzie ssania kapilarnego i dyfuzji oraz dyfundowaniem substancji rozpuszczalnych na zewnątrz. Pierwszy z procesów powoduje przyrost masy, drugi zaś jej ubytek. W rezultacie powstałe zmiany stanowią wypadkową obu tych procesów.

Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu techniki suszenia na zdolność materiału do rehydracji. Można jednak zaobserwować, że susz otrzymany

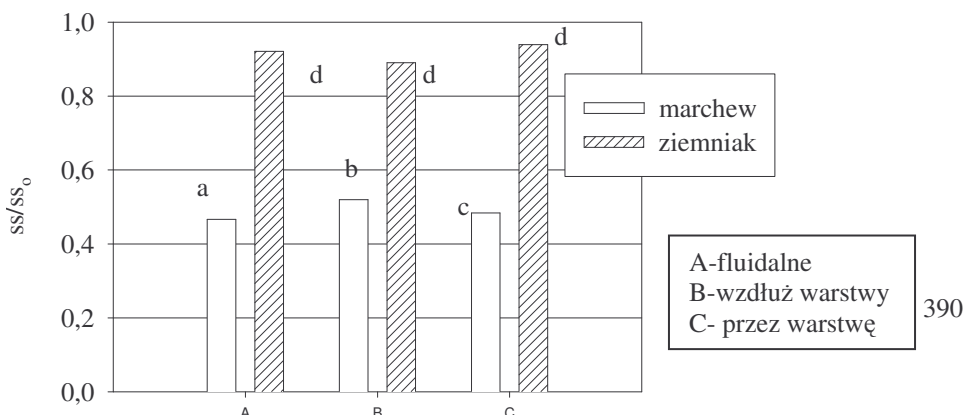
metodą „wzdłuż warstwy” charakteryzuje się większym przyrostem masy, istotnie statystycznie różniącym się od pozostałych, niezależnie od rodzaju materiału (Rys. 2). Masa suszu marchwiowego w czasie 4 h rehydracji zwiększa się ponad 5-krotnie, zaś ziemniaczanego około 3-krotnie. Większy przyrost masy marchwi prawdopodobnie jest spowodowany znacznie większą porowatością tego suszu (ok. 20-30%), w porównaniu z suszonym ziemniakiem (do 5-10%) [Karathanos i in. 1996]. Woda wnika do tkanki wypełnia pory materiału oraz jest wchłaniana przez biopolimery, powodując ich pęcznienie. Przy małej porowatości materiału zwiększenie masy jest głównie wynikiem wchłaniania wody przez biopolimery, co w efekcie prowadzi do mniejszych przyrostów masy [Witrowa-Rajchert 2004].



Rys. 2. Względny przyrost masy marchwi i ziemniaka po 4-ro godzinnej rehydracji (te same litery oznaczają brak statystycznie istotnych różnic)

Fig. 2. Relative increase in mass of carrot and potato after 4-hour rehydration (the same letters mean the lack of statistically significant differences)

Analizując ubytki rozpuszczalnych składników suchej substancji z tkanki roślinnej do otaczającej wody w zależności od rodzaju suszenia, stwierdzono, że w marchwi suszonej metodą „wzdłuż warstwy” i w ziemniaku suszonym sposobem „przez warstwę” pozostaje najwięcej składników rozpuszczalnych (Rys. 3). Jednak różnice pomiędzy stosowanymi materiałami są znaczne. Około połowa składników suchej substancji marchwi dyfunduje do wody, a ziemniaka – około 10%. Przyczyną nieznacznych ubytków z ziemniaka jest niewielka zawartość w jego tkance ekstraktu, który stanowi około 11% suchej substancji. Dla marchwi wartość ta wynosi około 55% [Łoś-Kuczera 1991].

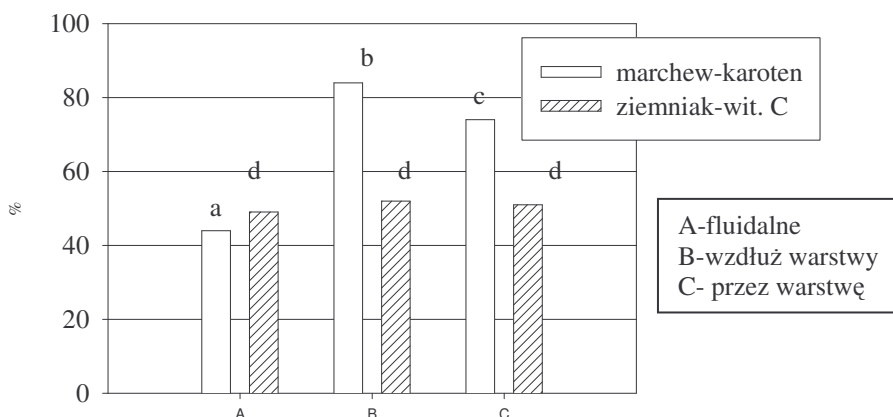


Rys. 3. Względna zawartość suchej substancji w marchwi i ziemniaku po rehydracji (te same litery oznaczają brak statystycznie istotnych różnic)

Fig. 3. Relative concentration of dry substance in carrot and potato after rehydration (the same letters mean the lack of statistically significant differences)

Spadek zawartości witaminy C w ziemniakach jest znaczny dla wszystkich technik suszenia i wynosił około 50% (Rys. 4). Mimo braku statystycznie istotnego wpływu metody suszenia na zawartość kwasu askorbinowego, można zaobserwować, że najmniejsze straty występują w suszu otrzymanym w suszarce z przepływem powietrza wzdłuż warstwy materiału, a największe – w suszu fluidalnym.

Podobne zależności otrzymano w przypadku oznaczania karotenów w marchwi, przy czym różnice pomiędzy analizowanymi wartościami są istotne (Rys. 4). Po suszeniu fluidalnym w marchwi pozostaje jedynie 44% karotenu zawartego w surowcu. Dla dwóch pozostałych metod wartość ta wynosi 74 i 84%, odpowiednio dla suszenia „przez warstwę” i „wzdłuż warstwy”. Tak więc karoten jest związkem, który degraduje się trudniej w czasie suszenia niż kwas askorbinowy, co wynika z faktu, że jest rozpuszczalny w tłuszczach, mogących spełniać rolę ochronną. Jedynie suszenie fluidalne powoduje znaczny ubytek karotenu, co jest prawdopodobnie spowodowane specyfiką tej metody usuwania wody, charakteryzującej się znacznym kontaktem materiału z powietrzem, przyspieszającym procesy utleniania. Tezę tę potwierdza fakt, że najmniejsze straty, zarówno witaminy C, jak i karotenu, zaobserwowano dla suszenia „wzdłuż warstwy”, w którym powierzchnia kontaktu materiału z powietrzem jest najmniejsza.



Rys. 4. Procentowa zawartość karotenu w marchwi i witaminy C w ziemniaku po suszeniu (te same litery oznaczają brak statystycznie istotnych różnic)

Fig. 4. Percentage concentration of carotene in carrot and vitamin C in potato after drying (the same letters mean the lack of statistically significant differences)

Podsumowanie

Rodzaj techniki suszenia ma wpływ na przebieg procesu suszenia. Poprawienie warunków wymiany ciepła i masy, poprzez wprawienie złoża w stan fluidalny, skraca czas suszenia o ok. 30% jedynie w przypadku marchwi i przyspiesza usuwanie wody z ziemniaka w początkowej fazie procesu.

Nie stwierdzono jednoznacznego wpływu techniki suszenia na zdolność materiału do rehydracji. Można jednak zaobserwować, że susz otrzymany metodą z przepływem powietrza wzdłuż warstwy materiału charakteryzuje się większym przyrostem masy i mniejszym ubytkiem rozpuszczalnych składników suchej substancji.

Zastosowanie suszenia fluidalnego powoduje największe ubytki karotenów w marchwi (56%) i witaminy C w ziemniaku (51%). Technika suszenia w największym stopniu pozwalającą zachować te związki jest metoda zapewniająca jak najmniejszy kontakt suszonego materiału z powietrzem.

Mimo wielu zalet suszenia fluidalnego, charakteryzującego się bardzo dobrymi warunkami wymiany ciepła i masy, nie należy polecać tej metody do suszenia surowców roślinnych zawierających labilne składniki, ulegające łatwo utlenianiu.

Bibliografia

Durance T.D., Wang J.H. 2002. Energy Consumption, Density, and Rehydration Rate of Vacuum Microwave- and Hot-Air Convection-Dehydrated Tomatoes. *Food Engng Phys. Properties*, 67(6), 2212-2216.

Ho J.C., Chou S.K., Mujumdar A.S., Hawlader M.N.A., Chou K.J. 2001. An optimisation framework for drying of heat-sensitive products. *App. Therm. Engng*, 21, 1779-1798.

Jayaraman K.S., Das Gupta D.K. 1995. Drying of fruits and vegetables. *Handbook of industrial drying* (ed. A.S. Mujumdar), Marcel Dekker, Inc., New York, 643-690.

Karathanos V.T., Kanellopoulos N.K., Belessictis V.G. 1996. Development of porous structure during air drying of agricultural plant products. *J. Food Engng*, 29, 167-183.

Łoś-Kuczera M. 1991. Skład i wartość odżywcza produktów spożywczych. PZWL, Warszawa.

Prakash S., Jha S.K., Datta N. 2004. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. J Food Engng, 62, 305-313.

Shadle E.R., Burns E.E., Talley L.J. 1983. Forced air drying of partially freeze dried compressed carrot bars. J. Food Sci., 48, 193-195.

Witrowa-Rajchert D. 2004. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. Inżynieria Chemiczna i Procesowa, 25(3/4), 2051-2060.

The influence of convective drying technique on chosen dried plant tissue quality determinants

Summary:

The influence of different way of air feed during convective drying on chosen dried carrot and potato quality determinants was investigated in this work. The process is determined by the sort of drying technique. Improvement of heat and mass exchange conditions by putting the bed in fluid state make the drying time shorter about 30%, only for carrot. It accelerates water removal from potato at the beginning of the process as well. An unique influence of drying technique on materials capacity to rehydration was not found. Application of the fluid drying causes the biggest loss of carotene in carrot (56%) and ascorbic acid in potato (51%). The drying technique what allows retaining above compounds there is a method providing lowest contact of dried materials with air.

Key words: carrot, potato, rehydration, carotene, ascorbic acid