

Wpływ odmiany selera korzeniowego na przebieg procesu suszenia

Streszczenie:

Badania przeprowadzono na siedmiu odmianach selera korzeniowego uprawianego w Polsce. Surowiec pocięty w plastry o wysokości 6 mm i średnicy 30 mm poddawano suszeniu po blanszowaniu (KON-BL) lub pomijając blanszowanie (KON-NBL). Suszenie konwekcyjne prowadzono w temperaturze powietrza wlotowego 70°C i prędkości powietrza 1,5 m/s. Surowiec nieblanszowany poddano również suszeniu za pomocą podczerwieni (IR). Stwierdzono, że użyta odmiana mocno wpływa na kinetykę suszenia, natomiast brak jest bezpośredniej zależności pomiędzy kinetyką procesu a początkową zawartością suchej substancji. Blanszowanie wpływało niekorzystnie na kinetykę suszenia i – dla niektórych odmian - powodowało wydłużenie czasu suszenia aż o 50%. Suszenie podczerwienią powodowało skrócenie czasu suszenia o 10-15%.

Słowa kluczowe: podczerwień, kinetyka suszenia, suszenie konwekcyjne, seler korzeniowy

Wstęp

Każdego roku na rynek producentów warzyw trafiają nowe odmiany, które hodowane są pod kątem wymagań rynku. Stąd "tworzenie" nowych roślin musi uwzględnić projektowanie cech powstającej odmiany zarówno pod kątem plenności, odporności na zakażenia, na warunki klimatyczne, ale również pod kątem właściwości fizycznych, chemicznych, pozwalających na modyfikację takich cech jak odpowiednia wytrzymałość mechaniczna, tekstura, zawartość pożądaných lub niepożądanych substancji i wiele innych. Stąd poszczególne odmiany materiału roślinnego, który z samej swojej natury jest mocno heterogeniczny w obrębie nawet jednego korzenia czy bulwy [Khan i Vincent 1990], mają prawo różnić się składem chemicznym, porowatością, wielkością komórek [Reeve 1953], średnicą kapilar, a więc tymi cechami struktury wewnętrznej, które decydują o oporach ruchu masy [Nowak i wsp. 2001]. Można więc przypuszczać, że poszczególne odmiany mogą wymagać zróżnicowanych parametrów procesu technologicznego. Tezę tą postanowiono sprawdzić na przykładzie procesu suszenia - jako jednej z operacji, w której zarówno ruch ciepła jak i masy odgrywa decydującą rolę, oraz na przykładzie selera - warzywa dość popularnego i bardzo ciekawego ze względu na zawartość wielu cennych substancji, mających korzystny wpływ na zdrowie człowieka [Rupérez i Toledano 2003].

Metodyka badań

Do badań użyto 7 odmian selera korzeniowego spośród około dwudziestu znajdujących się na rynku polskim: Odrzański, Luna, Gol, Jabłkowy, Makar, Mentor i Cisco. Odmiany te pochodziły z Zakładu Hodowli i Nasiennictwa

Ogrodniczego PlantiCo, Zielonki. Wyboru odmian dokonano na podstawie wyników badań prowadzonych w Katedrze Przetwórstwa Owoców i Warzyw Akademii Rolniczej w Lublinie jako tych, które są najbardziej interesujące pod kątem zawartości związków biologicznie czynnych.

Surowiec pokrojony został w krążki o wysokości 6 mm i średnicy 3 cm. Do dalszych procesów używany był zarówno bez, jak i po blanszowaniu w 0,2% r-rze kwasu cytrynowego o temperaturze 80°C w czasie 1,5 minuty.

Zastosowano trzy warianty procesu: suszenie konwekcyjne w temperaturze powietrza wlotowego 70°C i prędkości przepływu 1,5 m/s - surowiec nieblanszowany (wariant oznaczony KON-NBL) i blanszowany (wariant oznaczony KON-BL) oraz suszenia promieniami podczerwonymi (wariant oznaczony IR). W przypadku suszenia podczerwienią zastosowano dystans pomiędzy promiennikami a powierzchnią materiału 20 cm, temperaturę powietrza przepływającego nad materiałem - 25°C, prędkość powietrza - 0,8 m/s. Wartości parametrów zapewniały, że materiał w końcowym etapie suszenia osiągał temperaturę 69°C, a więc taką, jak podczas suszenia konwekcyjnego.

Każde z suszeń przeprowadzono w tej samej, konwekcyjno-promiennikowej suszarce prototypowej wykonanej w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW, w której jako źródło ciepła może być wykorzystane promieniowanie podczerwone w zakresie bliskiej podczerwieni o natężeniu 7,875 kW/m² lub podgrzewane - za pomocą elektrycznych grzałek - powietrze. Tym sposobem wyeliminowane zostały różnice w przebiegu poszczególnych suszeń mogące wynikać ze specyfiki komory suszenia.

W suszarce materiał układany był w pojedynczej warstwie, co dawało ładunek na poziomie 6 kg/m². Powietrze suszące lub wspomagające suszenie podczerwienią przepływało wzdłuż warstwy materiału znajdującego się w komorze suszenia.

Zakończenie procesu suszenia określano na podstawie ciągłego monitorowania masy i temperatury materiału suszonego. Suszenie uznawano za zakończone, gdy nie następował ubytek masy w ciągu 15 minut, a temperatura materiału przyjmowała wartość stałą.

W surowcu oraz w wysuszonym selerze oznaczano zawartość wody metodą suszarkową.

Wyniki i ich omówienie

Użyty surowiec był zróżnicowany pod względem początkowej zawartości suchej substancji od 11,2% (v.Cisko) do ponad 15% (v. Odrzański, Makar, Gol) (Tabela 1).

Tabela 1. Zawartość suchej substancji w świeżych korzeniach badanych selerów.

Table 1. Dry matter content in fresh celery roots

	Odrzański	Cisko	Luna	Makar	Jabłkowy	Gol	Mentor
Zaw. s.s., %	15,03	11,22	12,25	15,64	13,68	15,16	11,92
SD	0,37	0,29	0,18	0,23	0,09	0,33	0,09

Wyniki te znalazły przełożenie na przebieg procesu suszenia, choć nie wprost. Analizując przebieg każdego z zastosowanych wariantów suszeń stwierdza się znaczne zróżnicowanie czasu potrzebnego do osiągnięcia określonej zawartości wody. I tak, aby otrzymać susz o zawartości wody 10% potrzebne jest od 163 do 236 minut - w przypadku suszenia konwekcyjnego bez obróbki wstępnej, 185 do ok. 300 minut - w przypadku suszenia konwekcyjnego poprzedzonego blanszowaniem oraz od 156 do 200 minut w przypadku zastosowania podczerwieni (Tabela 2).

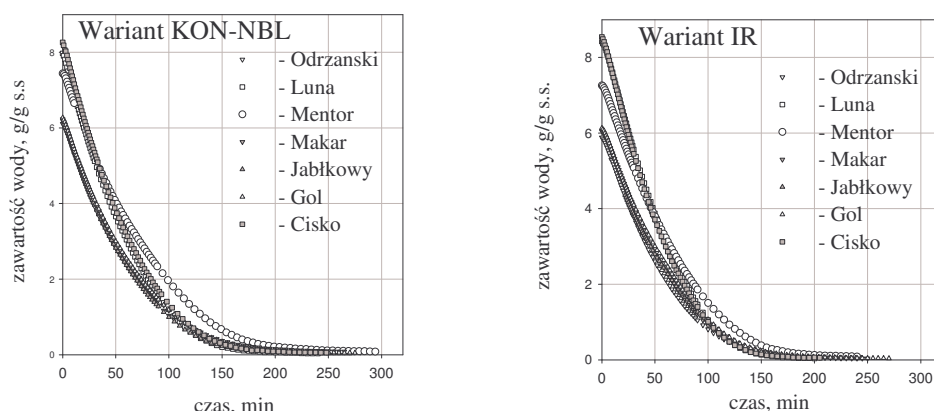
Tabela 2. Czas potrzebny do uzyskania suszu o wilgotności 10%, minuty

Table 2. Time needed to obtain dried celery at 10% of moisture, minutes

	Odrzańki	Cisko	Luna	Makar	Jabłkowy	Gol	Mentor
KON-NBL	202	163	236	221	175	200	185
IR	182	156	202	167	179	175	175
KON-BL	185	224	251	302	255	261	260

Parametr ten nie jest bezpośrednio związany z zawartością początkową wody i, dla przykładu, seler v. Luna, charakteryzujący się najniższą zawartością suchej substancji wymaga najkrótszego czasu do osiągnięcia wskazanego poziomu wilgotności, podczas gdy seler odmiany Mentor, będący też odmianą o niskiej zawartości suchej substancji, suszy się najdłużej.

Na podstawie przebiegu krzywych suszenia dla poszczególnych odmian oraz dla poszczególnych wariantów suszenia badane odmiany można podzielić na trzy grupy, dla których przebieg krzywych suszenia ma zdecydowanie różny charakter. Jedną z tych grup stanowią odmiany Odrzański, Makar, Jabłkowy i Gol, które, mimo najniższej początkowej zawartości wody suszą się stosunkowo najdłużej, drugą stanowią odmiany Luna i Cisko - te z kolei cechuje wysoka zawartość początkowa wody, ale najkrótszy czas suszenia. Odmienne zachowuje się seler odmiany Mentor, który przy jednej z wyższych zawartości wody wymaga najdłuższego czasu suszenia do uzyskania wilgotności 10%. Te wzajemne relacje w przebiegu krzywych suszenia występują niezależnie od zastosowanego wariantu suszenia. (Rys. 1)



Rysunek 1. Wpływ użytej odmiany na proces suszenia przy różnych wariantach suszenia.

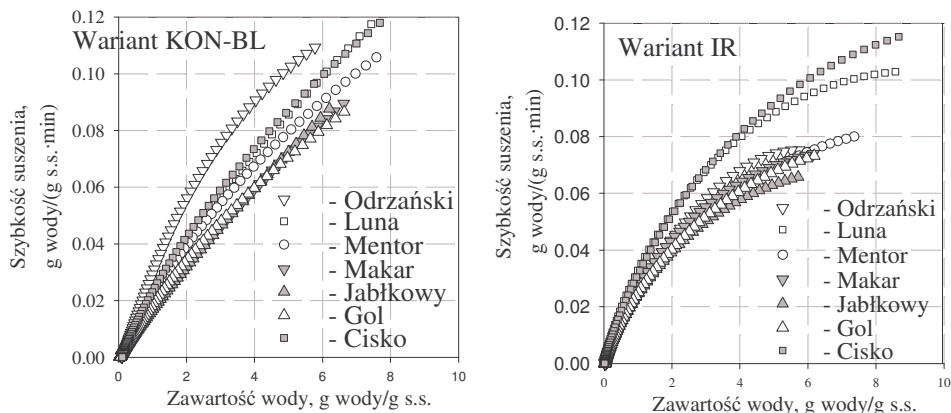
Figure 1. Influence of celery variety on drying kinetics at different drying mode.

Analiza krzywych szybkości suszenia potwierdza istotny wpływ odmiany selera na przebieg procesu suszenia (Rys. 2). Najwyższe szybkości suszenia uzyskano dla odmian Luna i Cisko, niezależnie od zawartości wody w danym momencie suszenia i od zastosowanego wariantu suszenia. W początkowym okresie suszenia szybkość suszenia dla tych odmian wynosiła ok. 0,10 do 0,12 g wody/(g s.s.*min). Jedyny wyjątek od tej reguły stanowił seler v. Odrzański, w przypadku którego proces blanszowania spowodował istotny wzrost szybkości suszenia w stosunku do innych odmian. W zakresie zawartości wody 1 do 4 g/g s.s. wzrost ten był rzędu 50%.

Wpływ metody suszenia na przebieg procesu w aspekcie zróżnicowanych odmian

Porównując czas suszenia potrzebny do uzyskania materiału o zawartości wilgoci 10% (Tabela 1) można najogólniej stwierdzić, że zastosowanie promieniowania podczerwonego jako źródła ciepła niezbędnego do odparowania wody powodowało przyspieszenie procesu suszenia o ok. 10-15%. Z kolei zastosowanie blanszowania jako obróbki wstępnej wydłużyło czas osiągnięcia zadanej wilgotności we wszystkich przypadkach (z wyjątkiem v. Odrzański) i to znacznie, bo do 50%. Na uwagę zasługuje fakt, że

w wariantach KON-BL i KON-NBL rozrzut czasu suszenia dochodzi do 50%, natomiast przy użyciu podczerwieni jest rzędu 25%. Można stąd wysunąć wniosek, że w przypadku zróżnicowanego odmianowo materiału ten sposób suszenia pozwala uzyskać najmniej zróżnicowany produkt pod względem końcowej zawartości wody.



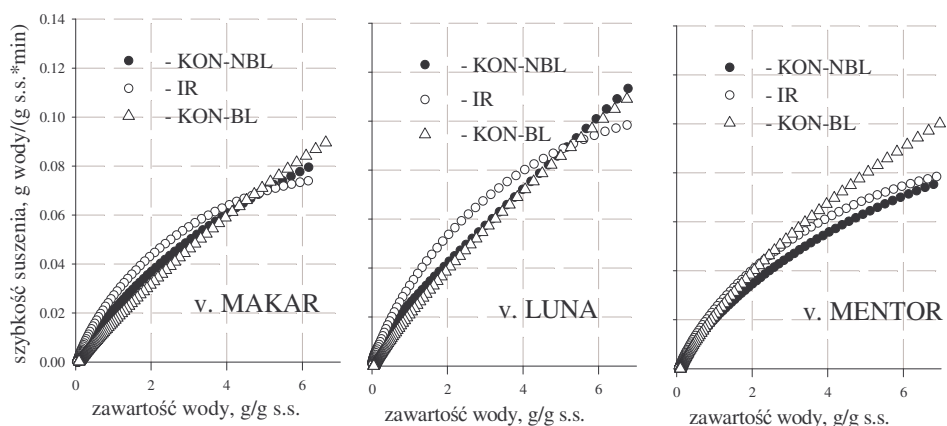
Rysunek 2. Wpływ użytej odmiany na szybkość suszenia przy różnych wariantach suszenia

Figure 2. Influence of celery variety on drying rate at different drying mode.

W zależności od zastosowanej metody suszenia, dla każdej z użytych odmian zmienia się ogólny przebieg krzywych szybkości suszenia. W porównaniu do przebiegu krzywych suszenia otrzymanych podczas suszenia konwekcyjnego materiału niepoddanego obróbce wstępnej blanszowanie powoduje, że ich kształt zbliżony jest do linii prostej, z kolei zastosowanie podczerwieni powoduje, że w zakresie wysokich zawartości wody szybkość suszenia maleje wolniej, a zdecydowane jej obniżenie obserwuje się przy zawartościach wody poniżej 1 g/(g s.s.*min).

Jednak wpływ metody suszenia na zmiany szybkości suszenia w trakcie procesu jest również uzależniony od odmiany użytego selera. Z tego punktu widzenia można wyodrębnić trzy grupy odmian. Jedną z nich stanowią: Makar, Jabłkowy i Gol (Rys. 3). Grupę tą cechuje niewielkie zróżnicowanie szybkości suszenia pomiędzy wariantami suszenia KON-NBL i KON-BL przy wysokich zawartościach wody. Przy niskich zawartościach wody seler wstępnie blanszowany suszy się wolniej, co przekłada się istotnie na wydłużenie czasu suszenia do określonej zawartości wody. Z kolei podczas suszenia promieniami podczerwonymi szybkość suszenia jest niższa w początkowym okresie suszenia, natomiast przy zawartościach wody poniżej 3,3 g/g s.s. jest nawet dwukrotnie większa w porównaniu z pozostałymi wariantami. Maksymalne szybkości suszenia w tej grupie przyjmują wartości rzędu 0,8 do 0,9 g wody/(g s.s.*min).

Drugą grupę stanowią odmiany Luna i Cisko (Rys. 3). Wzajemne zależności pomiędzy wpływem zastosowanej metody suszenia a zmianami szybkości suszenia są podobne jak w grupie pierwszej, jednak szybkości suszenia - przy odpowiadających sobie wzajemnie zawartościach wody - są wyższe. Oznacza to, że w tych odmianach woda jest słabiej związana z materiałem lub struktura jest luźniejsza, przez co mniejsze są opory ruchu masy wewnątrz materiału i/lub ciepło jest łatwiej przewodzone w materiale. W efekcie, mimo wyższej początkowej zawartości wody czas suszenia jest krótszy.



Rysunek 3. Przykłady wpływu metody suszenia na szybkość suszenia dla określonej odmiany.

Figure 3. Relationship between drying rate and water content for chosen celery varieties and modes of drying

W przypadku wszystkich odmian przypisanych do pierwszej i drugiej grupy blanszowanie, mimo że zalecane przez technologię przetwórstwa warzyw, istotnie wydłuża czas suszenia. Przyczyną takiego zjawiska może być fakt, że podczas blanszowania następuje usunięcie powietrza z przestrzeni międzykomórkowych (widoczny efekt "odpowietrzania"), co może prowadzić do zmniejszenia porowatości materiału, zamknięcia się kapilar, a przez to do wzrostu oporu ruchu masy wewnątrz materiału.

Trzecia grupa to odmiany Odrzański i Mentor (Rys. 3). W przypadku obu tych odmian proces blanszowania powoduje wzrost szybkości suszenia praktycznie w całym zakresie zawartości wody (z wyjątkiem końcowego etapu suszenia), co prowadzi do ograniczenia zróżnicowania czasu suszenia w wariantach KON-BL i KON-NBL. Zastosowanie podczerwieni, podobnie jak w przypadku wszystkich innych odmian skraca czas suszenia o ok. 10%.

Podział odmian użytych selerów na grupy pod względem kinetyki procesu w obrębie jednej metody suszenia praktycznie pokrywa się z podziałem dokonany pod względem wpływu metody na przebieg suszenia danej odmiany (poza wyjątkiem, jaki stanowi seler v. Odrzański), co potwierdza tezę, że odmiany występujące w obrębie danego gatunku różnicują materiał biologiczny w takim stopniu, że nie powinien być on mieszany, a parametry procesów technologicznych powinny uwzględniać różnice odmianowe.

Wnioski

Użyty surowiec był mocno zróżnicowany pod względem początkowej zawartości suchej substancji od 11,2% do ponad 15%. Analizując kinetykę suszenia konwekcyjnego i podczerwienią stwierdzono istotny wpływ odmiany na przebieg procesu suszenia, przy czym zróżnicowanie przebiegu suszenia nie było bezpośrednio zależne od początkowej zawartości suchej substancji.

Suszone odmiany - pod względem przebiegu ich suszenia - można podzielić na trzy grupy różniące się istotnie między sobą.

Suszenie podczerwienią spowodowało niewielkie, ok. 10-15%-owe skrócenie czasu suszenia w porównaniu z suszeniem konwekcyjnym.

Efektem zastosowania blanszowania było wydłużenie czasu suszenia do określonej zawartości wody nawet o 50% w stosunku do suszenia konwekcyjnego.

Za zróżnicowanie kinetyki suszenia selera może więc być odpowiedzialna struktura wewnętrzna materiału oraz skład chemiczny, które z kolei mogą być swoistą cechą danej odmiany.

Bibliografia

Khan A.A., Vincent J.F.V. 1990. Anisotropy of apple parenchyma. J. Sci. Food Agric., 52, 455-466.

Nowak, D., Witrowa-Rajchert, D., Lewicki P.P. 2001. Wpływ struktury materiału na zdolność do rehydracji suszonej tkanki roślinnej. Inżynieria Chemiczna i Procesowa. T.22, zeszyt 3D, 1020-1024.

Reeve R.M. 1953. Histological survey of conditions of texture in apples. II. Structure and inter cellular spaces. Food Res., 19, 323-332.

Rupérez P., Toledano G. 2003. Celery by-products as a source of mannitol. Eur. Food Res. Technol. 216, 224-226.

Effect of variety of root celery on drying kinetics

Summary: Seven varieties of root celery cultivated in Poland were chosen for this investigation. Cylinders with diameter 3 cm and height of 6 mm were subjected either to blanching or directed drying. Blanching was done in 0.2% solution of citric acid at 80°C for 1.5 min. Blanched or unblanched samples (KON-BL or KON-NBL, respectively) were dried by convection at 70°C and 1.5 m/s air velocity. Unblanched celery was also dried with infrared energy (IR). It was found that variety affects strongly kinetics of drying. Moreover there was no relation between kinetics of drying and initial water content in the sample. Blanching was found to have disadvantageous effect on drying,

and some varieties extended drying time by as much as 50%. Infrared drying was 10-15 % shorter than convective drying at the same final temperature of the products

Key words: Infrared, convective drying, kinetic of drying, celery root