

WPŁYW WIELKOŚCI CZĄSTEK NA SKURCZ SUSZARNICZY PODCZAS SUSZENIA MIKROFALOWO- PRÓŻNIOWEGO

Klaudiusz Jałoszyński, Marian Szarycz, Michał Pruchniewicz

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań mające na celu określenie wpływu wielkości i kształtu cząstek na skurcz suszarniczy w czasie suszenia mikrofalowo-próżniowego. Do badań wykorzystano materiał w formie walców i sześciątów o różnych wymiarach. W przebiegu narastania skurczu suszarniczego wyszczególniono dwie fazy opisane równaniami. Określono poziom skurczu suszarniczego dla materiału w formie sześciątów i walców.

Słowa kluczowe: suszenie mikrofalowo-próżniowe, skurcz suszarniczy, seler

Wstęp i cel badań

Sposób utrwalania żywności przez suszenie prowadzi do znacznych zmian strukturalnych. Zmiany te w określonych warunkach mogą być pozytywne, lecz najczęściej prowadzą do znacznego obniżenia wartości odżywczych. Poza degradacją chemiczną i biochemiczną, dochodzi do wzrostu sił napięcia powierzchniowego i w efekcie zapadania i kurczenia się struktury materiału. Proces ten określa się skurczem suszarniczym, który zaczyna się praktycznie wraz z rozpoczęciem procesu suszenia. Skurcz objawia się w postaci utwardzonych struktur (na powierzchni, jak również we wnętrzu suszonego materiału), wpływających negatywnie na jakość suszu, oraz utrudnia ponowne uwodnienie materiału [Szarycz 2002]. Poziom tego zjawiska zależy od zastosowanej metody suszenia. W tradycyjnych metodach suszenia takich jak suszenie konwekcyjne, mamy do czynienia ze skurczem suszarniczym na poziomie 90% [Szarycz i in. 2002b] i niemal całkowitą degradacją witamin. Przeprowadzone w ostatnich latach badania suszu uzyskanego na drodze mikrofalowo-próżniowego wykazują, że objętościowy skurcz suszarniczy kształtuje się dla większości surowców rolniczych na poziomie 70% a stopień zachowania witamin na poziomie 60%. Skurcz suszarniczy wywołany suszeniem mikrofalowo – próżniowym można, więc uznać za znacznie ograniczony w stosunku do skurczu wywołanego suszeniem konwekcyjnym.

Mechanizm zachodzący w czasie suszenia mikrofalowo-próżniowego jest odmienny względem tradycyjnych metod suszenia. W czasie trwania procesu energia dostarczana jest do całej objętości cząstek, a jej przejmowanie zależy od lokalnego współczynnika strat dielektrycznych [Szarycz 2002b]. W wyniku czego przepływ ciepła wewnątrz nagrzewanych cząstek mikrofalami może być wielokierunkowy, i nie on decyduje o szybkości suszenia, lecz ilość dostarczanej energii.

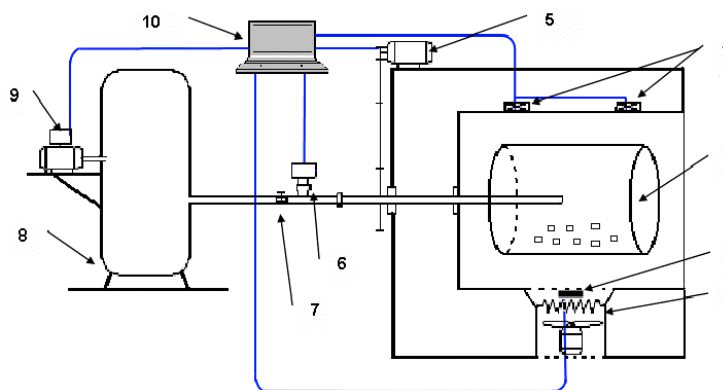
Dodatkowo obniżenie ciśnienia w komorze suszenia, oraz nagrzewanie mikrofalami cząstek skutkuje obniżeniem temperatury wrzenia wody w odniesieniu do warunków atmosferycznych. Zastosowanie energii o dostatecznej gęstości powoduje, że temperatura cząstek w całej ich objętości będzie zbliżona do temperatury wrzenia wody przy zastosowanym ciśnieniu w komorze suszenia [Szarycz 2001]. Stąd w dyfuzji wody może przeważać składnik gazowy niemal od początku suszenia

W szeregu opublikowanych prac z zakresu suszenia mikrofalowo-próżniowego skoncentrowano się głównie na kinetyce suszenia, właściwościach rehydracyjnych, [Figiel 2002] poziomie zachowania witamin i związków aromatycznych, oraz cech sensorycznych. Skurcz suszarniczy był analizowany pod kątem skali tego zjawiska w odniesieniu do najpopularniejszej metody suszenia (suszenie konwekcyjne). W obliczu przeprowadzonych badań celem pracy było:

- określenie wpływu wielkości cząstki na skurcz suszarniczy,
- określenie wpływu kształtu cząstki na skurcz suszarniczy w czasie suszenia
- mikrofalowo- próżniowego.

Materiał i metodyka

W badaniach, jako materiałem badawczym, posłużono się korzeniem pietruszki. Pierwszy etap polegał na wstępnej selekcji oraz umyciu korzeni. Za pomocą wykrojnika korzeń pietruszki cięto w plastry. Następnie, aby pozyskać walce o odpowiedniej średnicy: 10, 14 oraz 18 mm, używano wykrojników zapewniających dokładność utrzymania wymiaru ($\pm 0,2$ mm).



Rys. 1. Schemat stanowiska do suszenia mikrofalowo-próżniowego: 1 - magnetrony, 2 - komora suszenia, 3 - czujnik temperatury, 4 - grzałki, 5- silnik elektryczny i przekładnia, 6 - miernik podciśnienia, 7 - zawór zamykający, 8 - zbiornik wyrównawczy, 9 - pompa próżniowa, 10 - komputer

Fig.1. Layout of a microwave and vacuum drying station: 1 - magnetrons, 2 - drying chamber, 3 - temperature sensor, 4 - heaters, 5 - electric motor and transmission, 6 - negative pressure meter, 7 - stop valve, 8 - equalising tank, 9 - vacuum pump, 10 - computer

Kolejnym etapem przygotowawczym było odważenie próbek o masie ok. 60g, oraz pomiar objętości, który dokonywano w cylindrze miarowym. Następnie próbki materiału umieszczano w bębnie suszarniczym, który z kolei umieszczono w komorze mikrofalowej suszarki PLAZMATRONIKA SM 200 (rys.1). Moc mikrofal ustalono na poziomie 480W. Po podłączeniu zbiornika suszącego do instalacji podciśnieniowej rozpoczynano proces suszenia poprzez włączenie magnetronów. Proces przebiegał przy zakresie ciśnień (kontrolowanym przez regulator), ustalonych na poziomie: 4-6 kPa. Doświadczenia przerywano kolejno po 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 minutach, za każdym razem biorąc do suszenia świeżą partię materiału. Po wyciągnięciu z suszarki i zważeniu próbki dokonywano pomiaru jej objętości (w cylindrze miarowym wypełnionym toluenem). Skurcz suszarniczy obliczano z zależności [Witrowa-Rajchert 1999].

Analogicznie postępowano w przypadku materiału w postaci sześcianów.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania mikrofalowo-próżniowego suszenia pietruszki w formie walców i kostki pozwalają stwierdzić, że we wszystkich krzywych suszenia można wyróżnić dwa okresy szybkości suszenia. Okres stałej szybkości suszenia opisano równaniem liniowym oraz okres zmiennej szybkości suszenia opisany równaniem wykładniczym. Okres stałej szybkości suszenia opisany równaniem liniowym kończył się, gdy zawartość wody w materiale obniżyła się do wartości u_k . Wartości u_k zawiera się pomiędzy $u_k=2,3$ do $u_k=3,1 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla cząstek w postaci walców, oraz pomiędzy $u_k=1,9$ do $u_k=2,6 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla cząstek w postaci sześcianów. Przedział ten można nazwać okresem przejściowym. Analiza statystyczna przeprowadzona dla doświadczeń suszenia pietruszki formie walców wykazała brak istotnych różnic pomiędzy zmianami zredukowanej zawartości wody dla walców o średnicy 10 i 14mm, a w przypadku wymiaru 18 wykazała istotną różnicę w przebiegu. Różnica ta może być spowodowana zwiększeniem prawie dwukrotnym powierzchni parowania w przypadku walców o największym wymiarze.

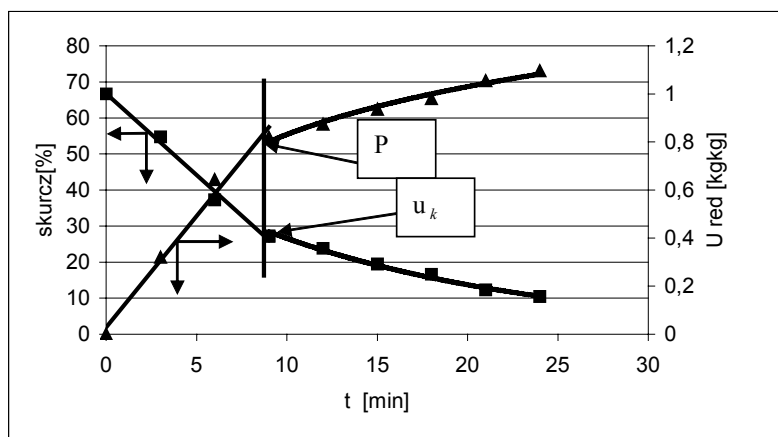
W przypadku analizy statystycznej dla materiału w formie kostki analiza statystyczna wykazała brak istotnych różnic pomiędzy zmianami zredukowanej zawartości wody dla sześcianów o 14 i 18 mm, a w przypadku wymiaru 10 mm wykazała istotną różnicę w przebiegu. Może być to spowodowane prawie dwukrotnie mniejszą powierzchnią parowania.

Cząstki pietruszki wysuszone mikrofalowo-próżniowo w postaci walców i sześcianów charakteryzowały się skurczem objętościowym około 73-77%. Przedstawione liczby dotyczące zmian kształtu cząstek po wysuszeniu pozwalają stwierdzić, że suszenie mikrofalowo-próżniowe ogranicza najczęściej niekorzystny z punktu widzenia jakości skurcz w porównaniu z suszeniem tradycyjnym.

W przebiegu narastania skurczu suszarniczego dla pietruszki suszonej w formie walców jak i sześcianów można podzielić na dwie fazy i opisać je odpowiednio równaniem liniowym i logarytmicznym.

Na rysunku 2 przedstawiono zestawienie kinetyki suszenia mikrofalowego przy obniżonym ciśnieniu pietruszki w formie walców oraz narastanie skurczu suszarniczego w funkcji czasu. Porównując można stwierdzić, że istnieją takie punkty jak punkt P doty-

czący końca liniowego narastania skurczu suszarniczego oraz punkt krytyczny u_k występujące w 9 minucie trwania procesu suszenia. Można powiedzieć, że wraz z końcem pierwszego okresu suszenia kończy się faza liniowego narastania skurczu suszarniczego.

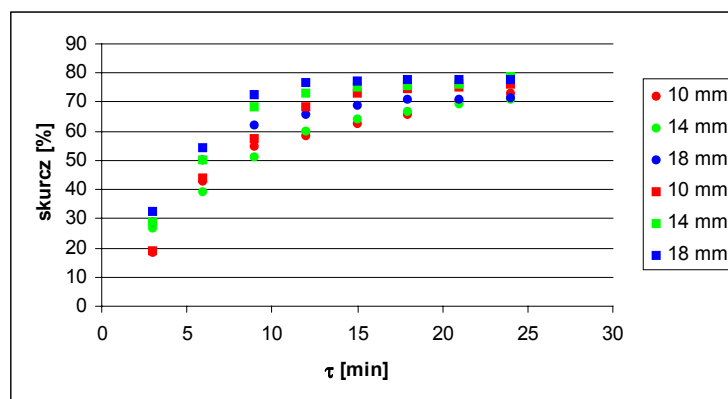


Rys. 2. Zestawienie kinetyki suszenia oraz skurczu suszarniczego dla cząstek pietruszki w postaci walców

Fig. 2. Comparison of drying kinetics and drying shrinkage for parsley particles in form of cylinders

Zależność obserwowana jest również w przypadku pietruszki suszonej w postaci sześciątów o wymiarach 10, 14 i 18 mm.

Na rysunku 3 przedstawiono zbiorczo skurcz suszarniczy w funkcji czasu suszenia dla pietruszki suszonej w formie walców i sześciątów metodą mikrofalowo-podciśnieniową.



Rys. 3. Wpływ czasu trwania procesu suszenia na skurcz suszarniczy dla materiału w postaci walców i sześciątów

Fig. 3. The impact of drying process duration on drying shrinkage for material in form of cylinders and cubes

Pietruszka suszona w formie sześcianów charakteryzuje się dużo większym narastaniem skurczu suszarniczego zwłaszcza w pierwszym liniowym etapie suszenia w odniesieniu do pietruszki suszonej w formie walców.

Wnioski

1. Przebieg narastania skurczu suszarniczego w przypadku pietruszki suszonej w formie walców jak i sześcianów można podzielić na dwie fazy:
 - fazę o stałej szybkości opisaną równaniem liniowym
 - fazę o zmiennej szybkości opisaną równaniem logarytmicznym.
2. Końcowy skurcz suszarniczy dla cząstek w postaci walców o wymiarach średnic 10 mm, 14 mm i 18 mm wyniósł odpowiednio: 73%, 74% i 72%.
3. Końcowy skurcz suszarniczy dla cząstek w postaci sześcianów o wymiarach krawędzi 10 mm, 14 mm i 18 mm wyniósł odpowiednio: 75%, 78% i 77%.
4. Wraz z końcem pierwszego okresu suszenia kończy się faza liniowego narastania skurczu suszarniczego i ma to miejsce w 9 minucie trwania procesu dla wszystkich wymiarów cząstek.
5. Pietruszka suszona w formie sześcianów charakteryzuje się dużo większym narastaniem skurczu suszarniczego zwłaszcza w pierwszym liniowym etapie suszenia w odniesieniu do pietruszki suszonej w formie walców.

Bibliografia

- Witrowa-Rajchert D.** 1999. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia, Rozprawa habilitacyjna. Fundacja rozwoju SGGW Warszawa.
- Szarycz M., Kramkowski R., Kamiński E.** 2002 c. Zastosowanie mikrofal do suszenia produktów spożywczych. Część III. Zmiany ciśnienia wewnętrznego w suszonym materiale. Problemy Inżynierii Rolniczej nr 2, Warszawa.
- Figiel A.** 2002. Kinetyka suszenia i skurcz suszarniczy czosnku odwadnianego metodą mikrofalowo-podciśnieniową. Acta Agrophysica 7(1). s. 49-58.
- Szarycz M.** 2001. Wpływ obniżonego ciśnienia zewnętrznego na przebieg suszenia warzyw przy mikrofalowym dostarczaniu energii?. Sprawozdanie z wykonania projektu badawczego interdyscyplinarnego. Praca niepublikowana. IIR AR Wrocław.
- Szarycz M., Kramkowski R., Kamiński E.** 2002. Zastosowanie mikrofal do suszenia produktów spożywczych. Część II. Konsekwencje sterowania mocą mikrofal. Problemy Inżynierii Rolniczej nr 2. Warszawa. s. 55-63.

PARTICLE SIZE IMPACT ON DRYING SHRINKAGE DURING MICROWAVE AND VACUUM DRYING

Abstract. The article presents the results of a research intended to determine the impact of particle size and shape on drying shrinkage during microwave and vacuum drying. Material in form of various size cylinders and cubes was used for the research purposes. Two phases described with equations were detailed in function of drying shrinkage growth. Drying shrinkage level was specified for the material in form of cubes and cylinders.

Key words: microwave and vacuum drying, drying shrinkage, celery

Adres do korespondencji:

Klaudiusz Jaroszyński; e-mail: kladiusz.jaloszynski@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław