

Marian Szarycz, Klaudiusz Jałoszyński, Magdalena Ostrowska, Anna Pełka
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

WPLYW PARAMETRÓW SUSZENIA MIKROFALOWEGO OWOCÓW ARONII W WARUNKACH OBNIŻONEGO CIŚNIENIA NA PRZEBIEG PROCESU I SKURCZ SUSZARNICZY

Streszczenie

Jedną z podstawowych informacji o procesie suszenia jest przebieg kinetyki procesu. Inną ważną cechą procesu jest zjawisko powstawania skurczu suszarniczego, które wpływa na jakość produktu. Z tego względu w niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań mikrofalowego suszenia owoców aronii świeżej i mrożonej przy różnych wartościach zastosowanych ciśnień, opisując kinetykę procesu oraz powstawanie skurczu suszarniczego równaniami empirycznymi.

Słowa kluczowe: suszenie, mikrofałe, aronia, skurcz suszarniczy

Wstęp

Owoce aronii budzą coraz większe zainteresowanie, ponieważ zawierają wiele cennych witamin (C, B2, B6, PP, P, E), błonnika i pektyn. Owoce te mają niebagatelne znaczenie w profilaktyce chorób serca oraz łagodzą skutki radioterapii [Michalik 2000-2001]. Zawierają również antocyjany i flawonidy mające zdolność neutralizacji wolnych rodników. Dla przedłużenia okresu dostępności tego owocu stosuje się często schładzanie, bądź mrożenie. Świeże owoce aronii spożywane są w niewielkich ilościach. Często natomiast są składnikiem mieszanek ziołowych wykorzystywanych do sporządzania naparów.

Aronia jest owocem nietrwałym, stąd istotne jest zastosowanie odpowiedniej metody konserwacji, która pozwoli zachować jak najwięcej odżywczych i leczniczych walorów tego owocu. Jedną z metod konserwacji jest suszenie. Tradycyjne metody suszenia często powodują znaczny spadek wartości odżywczych suszonego materiału, z tego względu poszukuje się metod suszenia pozwalających na maksymalne zachowanie cennych składników surowca.

Metodą pozwalającą na uzyskanie suszu wysokiej jakości, zarówno pod względem odżywczym jak i sensorycznym jest metoda suszenia mikrofalowego przy obniżonym ciśnieniu. Wyniki zastosowania tej metody są optymistyczne, gdyż susz uzyskany na tej drodze posiada jakość zbliżoną do suszu otrzymanego w procesie suszenia sublimacyjnego. W czasie suszenia metodą mikrofalową ogrzewanie surowca i odparowywanie wody nie odbywa się na jego powierzchni, lecz równomiernie w jego wnętrzu. Wynika to z dostarczenia energii do całej objętości cząstki [Metaxas, Meredith 1983]. Dodatkowo podciśnienie pozwala ograniczyć kontakt surowca z tlenem i obniżyć temperaturę wrzenia wody do wartości, która nie powoduje degradacji witamin i substancji odżywczych w takim stopniu, jak ma to miejsce w trakcie suszenia owiewowego. Z tego powodu istotne jest zdefiniowanie zjawisk zachodzących podczas takiego suszenia oraz dokładne opisanie ich wpływu na materiał poddawany temu procesowi.

Cel badań

Celem pracy było opisanie narastania skurczu liniowego podczas suszenia mikrofalowego przy obniżonym ciśnieniu aronii świeżej i mrożonej oraz opisanie kinetyki suszenia równaniami empirycznymi.

Materiał i metodyka

Do przeprowadzenia doświadczeń wykorzystano stanowisko badawcze przedstawione w szeregu opracowaniach [np. Szarycz i in. 2003]. Badania dotyczyły aronii czarnoowocowej (*Aronia melanocarpa*) w stanie świeżym i mrożonym. Materiał został poddany wstępnej selekcji, wybierano owoce o średnicy w granicach 8 mm. Następnie owoce świeże odszypułkowano, myto i osuszano powierzchniowo na bibule filtracyjnej. Owoce mrożone przygotowano podobnie jak owoce świeże z pominięciem wstępnego mycia.

Magnetrony o łącznej mocy mikrofal 1200 W ustawiono na 40% mocy (480 W). Próbkę materiału o masie ok. 60 g ważono na wadze laboratoryjnej i umieszczano w bębnie suszarniczym połączonym z instalacją wytwarzającą zadane wartości ciśnień. Doświadczenia przerywano po 3, 6, 9, 12, 15, 18, minutach. Wyjęte ze zbiornika próbki ponownie ważono na wadze laboratoryjnej i wyznaczano w nich zawartość wody metodą suszarkową. Pozwoliło to na uzyskanie kolejnych punktów krzywej suszenia.

Dla określenia przebiegu powstawania skurczu suszarniczego wykonano odrębną serię doświadczeń. Odważoną świeżą próbkę materiału zanurzano w menzurce zawierającej 100 cm³ wody w celu wyznaczenia objętości początkowej owoców.

Po wyjęciu owoców z menzurki osuszano je i poddawano suszeniu. Doświadczenia również przerywano po 3, 6, 9, 12, 15, 18, minutach. Do kolejnych doświadczeń używano za każdym razem świeżego surowca.

W instalacji suszarniczej stosowano zmienne ciśnienie w zakresie pomiędzy ciśnieniem górnym - p_A , przy którym włączano pompę podciśnieniową, a dolnym - p_B , przy którym pompę wyłączano. Badania dotyczące kinetyki suszenia owoców aronii świeżej i mrożonej przeprowadzono przy następujących zakresach ciśnień:

Seria I - $p_A = 6 \text{ kPa}$, $p_B = 4 \text{ kPa}$

Seria II - $p_A = 10 \text{ kPa}$, $p_B = 8 \text{ kPa}$

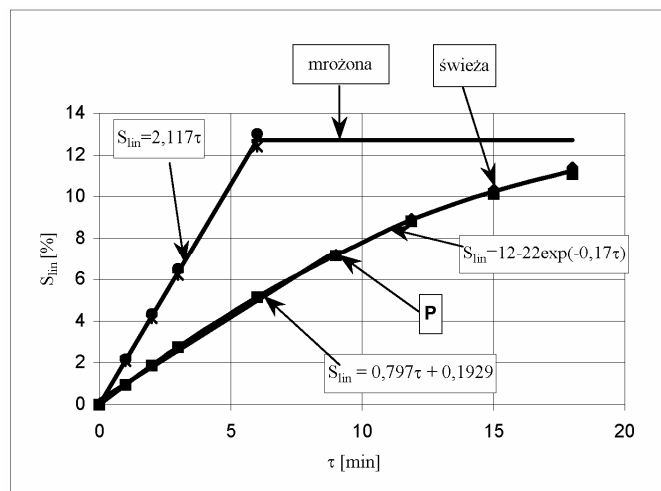
Wyniki i dyskusja

Na rysunku 1 przedstawiono zmiany liniowego skurczu suszarniczego w funkcji czasu zachodzące podczas suszenia mikrofalowego przy obniżonym ciśnieniu owoców aronii świeżej i mrożonej. W fazie początkowej zmiany skurczu suszarniczego aronii mrożonej zostały opisane równaniem liniowym. Po osiągnięciu wartości maksymalnej skurczu suszarniczego nie obserwowano dalszych jego zmian. Dla aronii świeżej możemy wyróżnić dwa okresy narastania skurczu. Okres stałej szybkości narastania skurczu suszarniczego kończył się w punkcie P . Po przekroczeniu punktu P rozpoczyna się okres zmiennej szybkości narastania skurczu suszarniczego opisany równaniem eksponentyjalnym.

Na rysunku 2 został przedstawiony I i II okres suszenia owoców aronii mrożonej przy ciśnieniu 4-6 kPa oraz 8-10 kPa . W doświadczeniach przy różnych zakresach ciśnień nie obserwowano istotnych różnic w przebiegu kinetyki suszenia, stąd kinetykę dla tych zakresów opisano łącznie. I okres o stałej szybkości suszenia został opisany równaniem liniowym, natomiast II okres o zmiennej szybkości suszenia równaniem wykładniczym. Uwzględniony został również punkt krytyczny $u_k = 1,42 \text{ [kg/kg]}$

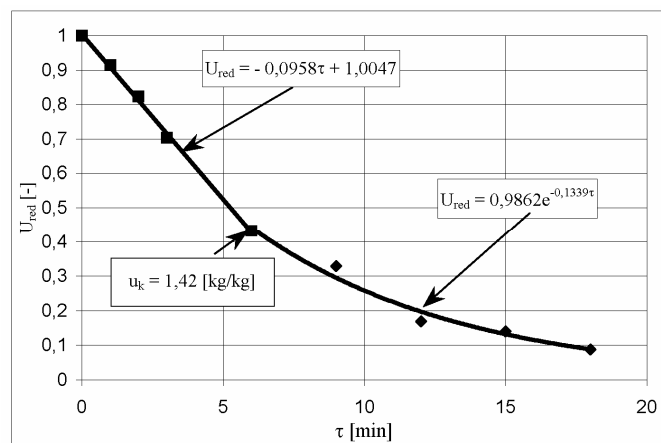
Na rysunku 3 przedstawiono I i II okres suszenia owoców aronii świeżej przy ciśnieniu 4-6 kPa oraz 8-10 kPa . Stosując różne zakresy ciśnień nie obserwowano różnic w przebiegu kinetyki suszenia - podobnie jak dla aronii mrożonej. I okres o stałej prędkości suszenia został opisany równaniem liniowym, natomiast II okres o zmiennej prędkości suszenia został opisany równaniem wykładniczym. Uwzględniony również został punkt krytyczny $u_k = 1,31 \text{ [kg/kg]}$

Z porównania rysunków 2 i 3 wynika, że owoce aronii mrożonej w I okresie suszenia wysychały szybciej niż owoce aronii świeżej.



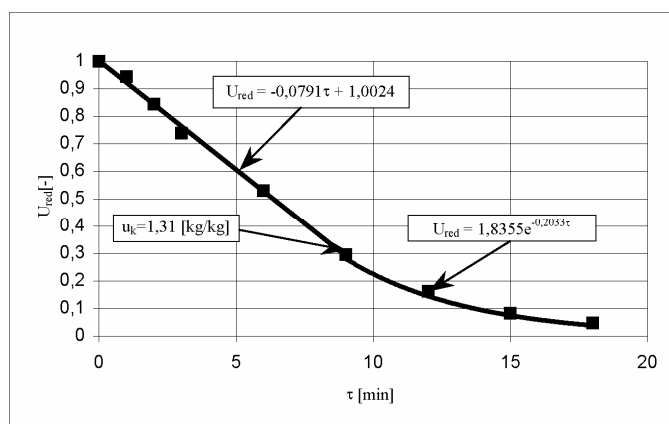
Rys. 1. Zmiany skurczu liniowego zachodzące podczas suszenia mikrofalowego przy obniżonym ciśnieniu owoców aronii świeżej i mrożonej dla dwóch serii: 4-6 kPa, 8-10 kPa

Fig. 1. Linear contraction changes during microwave drying at lowered pressure of fresh and frozen chokeberry fruit for two series: 4-6 kPa, 8-10 kPa



Rys. 2. Przebieg zmian zredukowanej zawartości wody przy ciśnieniu 4-6 kPa i 8-10 kPa z uwzględnieniem punktu krytycznego dla aronii mrożonej

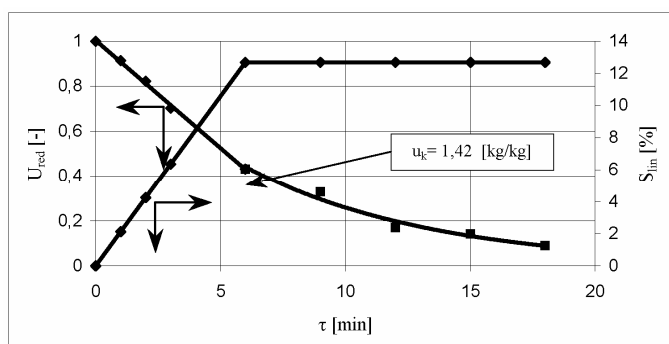
Fig. 2. Reduced water contents changes at the pressure of 4-6 kPa and 8-10 kPa taking into account of the critical point for frozen chokeberry



Rys. 3. Przebieg zmian zredukowanej zawartości wody przy ciśnieniu 4-6 kPa i 8-10 kPa z uwzględnieniem punktu krytycznego dla aronii świeżej

Fig. 3. Reduced water contents changes at the pressure of 4-6 kPa and 8-10 kPa taking into account of the critical point for fresh chokeberry

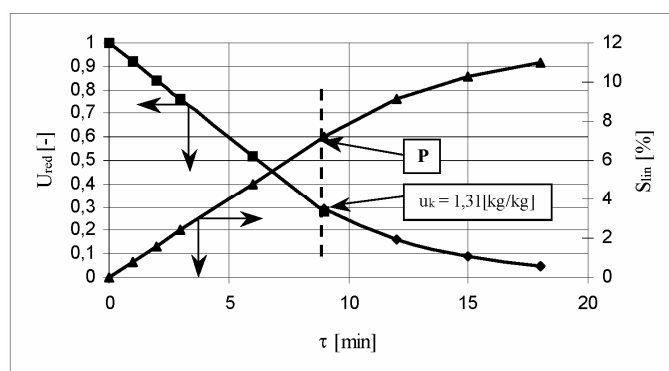
Na rysunku 4 zestawiono kinetykę suszenia oraz narastanie skurcz suszarniczego w funkcji czasu dla owoców aronii mrożonej. Analizując wykres stwierdzono, że 6 minucie trwania procesu suszenia rozpoczął się II okres suszenia o zmiennej szybkości jednocześnie zakończyło się zjawisko powstawania liniowego skurczu suszarniczego.



Rys. 4. Zestawienie kinetyki suszenia oraz skurczu suszarniczego aronii świeżej dla serii 4-6 kPa i 8-10 kPa

Fig. 4. Drying kinetics and drying shrinkage comparison for frozen chokeberry for the 4-6 kPa and 8-10 kPa series

Na rysunku 5 przedstawiono zestawienie kinetyki suszenia mikrofalowego przy obniżonym ciśnieniu owoców aronii świeżej oraz narastanie skurczu suszarniczego w funkcji czasu. Porównując można stwierdzić, że punkt *P* dotyczący końca liniowego narastania skurczu suszarniczego oraz punkt krytyczny $u_k = 1,31$ [kg/kg] występują w 9 minucie trwania procesu suszenia.



Rys. 5. Zestawienie kinetyki suszenia oraz skurczu suszarniczego aronii świeżej dla serii 4-6 kPa i 8-10 kPa

Fig. 5. Drying kinetics and drying shrinkage comparison for fresh chokeberry for the series of 4-6 kPa and 8-10 kPa

Wnioski

- Przebieg powstawania skurczu suszarniczego aronii świeżej opisują równania:
 - w fazie początkowej: $S_{lin} = 0,797 \tau 1929$
 - w fazie końcowej: $S_{lin} = 12 - 22 \exp(-0,17 \tau)$
- Przebieg powstawania skurczu suszarniczego aronii mrożonej opisuje równanie: $S_{lin} = 2,117 \tau$. Po 6 min. procesu suszenia, w której skurcz suszarniczy osiągnął wartość maksymalną nie zaobserwowano dalszych jego zmian.
- W przebiegu kinetyki procesu suszenia można wyróżnić okresy stałej i zmiennej szybkości suszenia. Okres stałej szybkości opisuje równanie liniowe $u = a\tau + b$, a okres zmiennej szybkości – równanie wykładnicze $u = Ae^{B\tau}$.
- W przebiegu procesu suszenia aronii świeżej i mrożonej zauważa się niewielkie różnice. Różnice te mogą wynikać z tego, że w czasie zamrażania i późniejszego rozmrażania owoców z soku komórkowego wytrącane były niektóre jego składniki nierozpuszczalne w wodzie.

Bibliografia

Metaxas A.C., Meredith R.J. 1983. Industrial Microwave Heating. Peter Peregrinus. London.

Michalik B. 2000-2001. Aronia Źródło zdrowia i młodości. Żyjmy dłużej. Grupa Medialna Quadro.

Szarycz M., Kamiński E., Jałoszyński K., Szponarska A. 2003. Analiza mikrofalowego suszenia pietruszki w warunkach obniżonego ciśnienia. Część I. Kinetyka suszenia pietruszki blanszowanej i nieblanszowanej. Acta Sci. Pol., Technica Agraria 2(2), s. 17-27.

INFLUENCE OF MICROWAVE – VACUUM PARAMETERS FRUITS CHOKEBERRY DRYING ON THE COURSE OF THIS PROCESS AND DRYING SHRINKAGE

Summary

One of the basic information about drying process is the course of drying kinetics. Another important feature is formation of drying shrinkage which influences quality of the product. On account of this, the present paper presents results of microwaves drying fresh and frozen chokeberry while applying various values of pressures. The drying kinetics and dimension of drying-shrinkage was described by empirical equations.

Key words: drying, microwaves, chokeberry, drying shrinkage