

WPŁYW SUSZENIA KONWEKCYJNEGO NA WYBRANE CECHY MECHANICZNE I REOLOGICZNE KORZENIA PIETRUSZKI

Bogdan Stępień

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Wykonano badania ściskania, przecinania oraz relaksacji naprężeń dla korzenia pietruszki suszonej konwekcyjnie. Surowiec blanszowano i odwodniono osmotycznie przed suszeniem. Dla porównania cechy mechaniczne i reologiczne wyznaczono dla produktu uzyskanego bezpośrednio po suszeniu oraz po 18 miesiącach próżniowego przechowywania suszu. Suszenie konwekcyjne istotnie obniża wytrzymałość na ściskanie suszu i materiału uwodnionego. Blanszowanie pietruszki przed suszeniem konwekcyjnym zwiększa wytrzymałość suszu na przecinanie w stosunku do wytrzymałości surowca oraz produktów uzyskanych z pietruszki nie poddanej obróbce i odwodnionej osmotycznie. Zabieg ten powoduje również wzrost podatności pietruszki na deformacje struktury komórkowej w trakcie suszenia.

Słowa kluczowe: pietruszka, suszenie konwekcyjne, wytrzymałość, reologia

Wprowadzenie

Suszenie jest jedną z najstarszych metod utrwalania żywności. Polega na usuwaniu wody z suszonych surowców w celu ograniczenia występowania procesów enzymatycznych i spowolnienia przebiegu procesów życiowych drobnoustrojów. Istotą suszenia konwekcyjnego jest dostarczenie do suszonego materiału ciepła za pośrednictwem czynnika suszącego.

Suszenie konwekcyjne jest metodą najpowszechniej stosowaną na skalę przemysłową. Liczne badania wykazują, że jest to jednocześnie jedna z najbardziej destrukcyjnych metod utrwalania żywności [Stępień 2007; Alibas 2007]. Powoduje duże zmiany fizykochemiczne prowadzące do ingerencji w naturę związków chemicznych oraz w strukturę komórkową materiału [Witrowa-Rajchert 1999].

Optymalizację procesu można realizować poprzez właściwy dobór parametrów suszenia oraz odpowiednie przygotowanie surowca: mycie, rozdrabnianie, blanszowanie, odwadnianie osmotyczne itp. Mycie i blanszowanie surowca w istotny sposób obniżają stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego suszy [Kaleta 1999]. Blanszowanie fasoli i kalafiora ograniczyło liczbę bakterii o 77-99,5% a także istotnie zmniejszyło liczbę drożdży i pleśni [Burbianka i in. 1983]. Blanszowanie surowca powoduje również inaktywację enzymów tkankowych poprzez termiczną denaturację ich nośników białkowych.

Wpływ blanszowania na rehydrację korzenia pietruszki badali Kaleta i in. [2005] oraz Surma i inni [2006]. Zabieg ten powoduje wzrost masy próbek podczas uwadniania

pietruszki suszonej konwekcyjne, w stosunku do produktu pochodzącego z surowca nie poddanego blanszowaniu. W skrajnych przypadkach wartości względnego przyrostu masy wzrastają z 4,61 do 6,91 [Kaleta i in. 2005]. Blanszowanie poprawia właściwości rehydracyjne suszy z pietruszki utrwalonej sublimacyjnie. Wzrost temperatury czynnika blanszującego z 20°C do 95°C powoduje wzrost maksymalnej zawartości wody z 8,8 kg H₂O/kg s.s. do 12,73 kg H₂O/kg s.s. [Surma i in. 2006].

Modelowaniem procesu konwekcyjnego suszenia plastrów pietruszki zajmowali się Górnicki i Kaleta [2007]. Zaproponowali szereg modeli do opisu przebiegu pierwszego i drugiego okresu suszenia. Model uwzględniający skurcz suszarniczy potwierdza, że spadek szybkości w pierwszym okresie trwania procesu jest powodowany skurczem tkanek pietruszki, a blanszowanie surowca ma niewielki wpływ na wielkość skurczu.

Badania wykazały, że wzrost temperatury czynnika suszącego, w trakcie suszenia konwekcyjnego pietruszki, powoduje skrócenie czasu trwania procesu o około 20%, ale jednocześnie zmniejsza zawartość kwasu L-askorbinowego i zdolność do pochłaniania wody, pogarsza cechy sensoryczne i niekorzystnie zmienia barwę [Skorupska 2005; Lis i in. 2005]. Ze względu na jakość suszu, zaleca się stosowanie niższej temperatury suszenia konwekcyjnego, około 50°C.

Wpływ odwadniania osmotycznego na współczynnik dyfuzji wody w tkance jabłek suszonych konwekcyjnie badali Janowicz i Lenart [2005]. W zależności od parametrów odwadniania osmotycznego, czas suszenia jabłek poddanych obróbce wstępnej wydłużał się o 35-50% w stosunku do czasu suszenia materiału nie poddanego obróbce. Optymalną równowagową zawartość wody uzyskuje się po odwodnieniu osmotycznym trwającym nie dłużej niż 3h w temperaturze 30°C. Odwadnianie osmotyczne korzenia pietruszki w 5% roztworze NaCl istotnie obniża wytrzymałość na ściskanie i na przecinanie produktu uzyskanego metodą sublimacyjną [Stępień, Michalski 2006]. Uzyskuje się produkt, który uwodniony po założonych okresach przechowywania suszu charakteryzuje się niewielką zmiennością cech wytrzymałościowych.

Celem pracy jest analiza wpływu obróbki wstępnej przed suszeniem konwekcyjnym plastrów pietruszki na cechy mechaniczne i reologiczne suszu oraz materiału uwodnionego.

Metodyka badań

Badaniom poddano korzeń pietruszki odmiany Eagle F1 pochodzący ze zbiorów w 2005 roku. Próbki przygotowane w formie walca o średnicy 20 mm i wysokości 5 mm blanszowano w wodzie o temperaturze 95°C ± 2°C przez 3 minuty. Odwadnianie osmotyczne wykonano w 5% roztworze NaCl przez 24 godziny. Zabiegi wstępne wykonano w taki sposób, aby w kolejnych powtórzeniach zachować stały stosunek ilości cieczy użytej do blanszowania bądź roztworu osmoaktywnego do masy surowca. Dla porównania całość badań wykonano również dla surowca nie poddanego obróbce wstępnej. Suszenie konwekcyjne realizowano w suszarce laboratoryjnej przy temperaturze czynnika suszącego wyno-

szącej 50°C i prędkości przepływu powietrza wynoszącej 1,5 m·s⁻¹. Testy ściskania wykonano w cylindrze ściskając tłokiem ułożone na sobie walce tworzące warstwę o wysokości 30 mm. Próbkę ściskano do momentu uzyskania odkształcenia równego 20% ich wysokości początkowej. Do testów przecinania wykorzystano odpowiednio zmodyfikowaną przystawkę firmy Instron o charakterystycznych kątach ostrza i rozwarcia wynoszących po 60°. Badania cech mechanicznych i reologicznych wykonano dla suszu oraz dla materiału uwodnionego bezpośrednio po suszeniu konwekcyjnym oraz po 18 miesiącach przechowywania suszu w warunkach próżniowych. Susz z korzenia pietruszki rehydrowano w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C przez 5 godzin.

Wartość siły, od której rozpoczynano rejestrację procesu relaksacji naprężeń ustalono w oparciu o badania wytrzymałości na ściskanie jako średnią wartość siły osiąganą po odkształceniu próbki o 20% jej wysokości początkowej. Czas trwania relaksacji naprężeń wynosił 15 minut. Do porównania przebiegu krzywych relaksacji naprężeń wykorzystano metodę opisaną przez Stropka i Gołackiego [2006]. Polega ona na wprowadzeniu współczynnika normalizującego krzywe relaksacji:

$$Y(t)=(F_0-F(t))\cdot F_0^{-1} \quad (1)$$

a następnie opisaniu przebiegu zależności $Y(t)$ w funkcji czasu relaksacji formułą:

$$Y(t)=(a\cdot b\cdot t)\cdot(1+b\cdot t)^{-1} \quad (2)$$

gdzie:

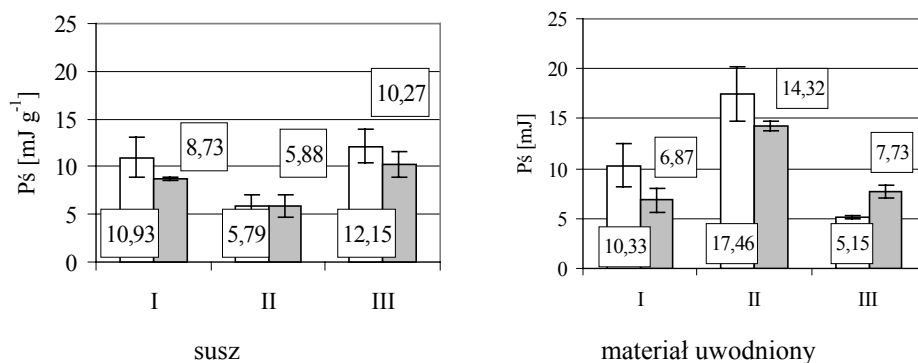
- $Y(t)$ – współczynnik zaniku siły w trakcie relaksacji naprężeń,
- F_0 – początkowa siła relaksacji,
- $F(t)$ – siła relaksacji po upływie czasu t ,
- a i b – stałe.

Interpretacja fizyczna stałych mówi o tym, że wartość a wyraża poziom, do którego zanikają naprężenia w czasie relaksacji. Stała b jest związana z prędkością zaniku naprężeń, ponieważ $1/b$ oznacza czas konieczny do osiągnięcia poziomu naprężenia $a/2$.

Badania wykonano na maszynie Instron 5566 z wymiennymi głowicami klasy 0,5. Prędkość zadawania obciążenia podczas testów ściskania wynosiła 1,8 mm·min⁻¹, natomiast podczas przecinania i relaksacji naprężeń wynosiła 10 mm·min⁻¹.

Analiza wyników

Blanszowanie pietruszki przed suszeniem konwekcyjnym istotnie obniża wytrzymałość na ściskanie suszu w stosunku do produktu pochodzącego z surowca nie poddanego obróbce wstępnej. Odwadnianie osmotyczne nie powoduje zmian wytrzymałości na ściskanie suszu. Próżniowe przechowywanie produktu przez 18 miesięcy również nie wpływa na zmiany w obrębie wytrzymałości na ściskanie suszu (rys. 1).



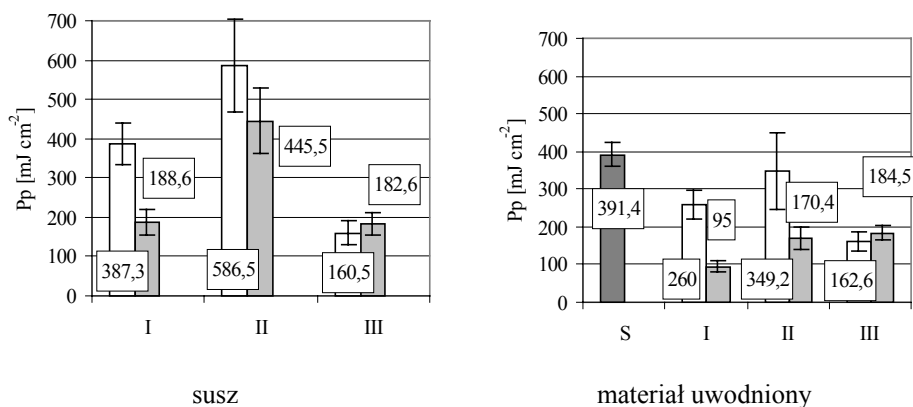
Rys. 1. Wartości pracy ściskania pietruszki suszonej konwekcyjnie: I-brak obróbki wstępnej, II-blanszowanie, III-odwadnianie osmotyczne, □-po suszeniu, ■-po 18 miesiącach przechowywania

Fig. 1. Compression work values for parsley dried by convection: I-no pretreatment, II-blanching, III-osmotic dehydration, □-after drying, ■-after 18 months of storage

Dla materiału uwodnionego stwierdzono, że blanszowanie surowca podwyższa, a odwadnianie osmotyczne obniża wytrzymałość na ściskanie. Jedynie dla produktu uzyskanego z pietruszki odwodnionej osmotycznie przed suszeniem konwekcyjnym przechowywanie suszu spowodowało wzrost wytrzymałości na ściskanie materiału uwodnionego. Wytrzymałość na ściskanie surowca była wielokrotnie wyższa i wynosiła około 500 mJ.

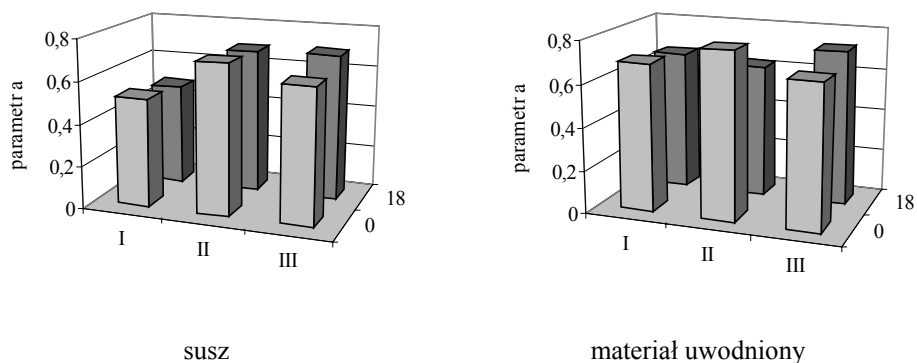
Blanszowanie pietruszki przed suszeniem konwekcyjnym istotnie zwiększa a odwadnianie osmotyczne zmniejsza wytrzymałość na przecinanie suszu w odniesieniu do produktu uzyskanego z surowca nie poddanego obróbce wstępnej. Jedynie susz pochodzący z pietruszki nie poddanej zabiegowi wstępnemu i przechowywany 18 miesięcy charakteryzuje się niższą wytrzymałością na przecinanie niż susz badany bezpośrednio po suszeniu (rys. 2). W badaniach wykonanych bezpośrednio po suszeniu konwekcyjnym, uwodniony susz pochodzący z materiału odwodnionego osmotycznie oraz susz uzyskany z pietruszki nie poddanej zabiegom wstępnym charakteryzuje się niższą wytrzymałością na przecinanie niż surowiec i produkt uzyskany z pietruszki blanszowanej. Susz przechowywany przez założony okres, a następnie uwodniony charakteryzował się ponad dwukrotnie niższą wytrzymałością na przecinanie niż surowiec.

Wartości siły relaksacji normalizowano wg równania (1), a następnie aproksymowano równaniem (2). Dzięki temu wyznaczono wartości stałych a i b . Parametr a , reprezentujący poziom naprężeń na końcu procesu relaksacji, pozwala stwierdzić, że susz z pietruszki nie poddanej zabiegowi wstępnemu charakteryzuje się większą sprężystością niż susze uzyskane z surowca blanszowanego lub odwodnionego osmotycznie (rys. 3). Przechowywanie suszy nie zmienia tej zależności.



Rys. 2. Wartości pracy przecinania pietruszki suszonej konwekcyjnie: S-surowiec, I-brak obróbki wstępnej, II-blanszowanie, III-odwadnianie osmotyczne, □-po suszeniu, ■-po 18 miesiącach przechowywania

Fig. 2. Cutting work values for parsley dried by convection: S-raw material, I-no pretreatment, II-blanching, III-osmotic dehydration, □-after drying, ■-after 18 months of storage

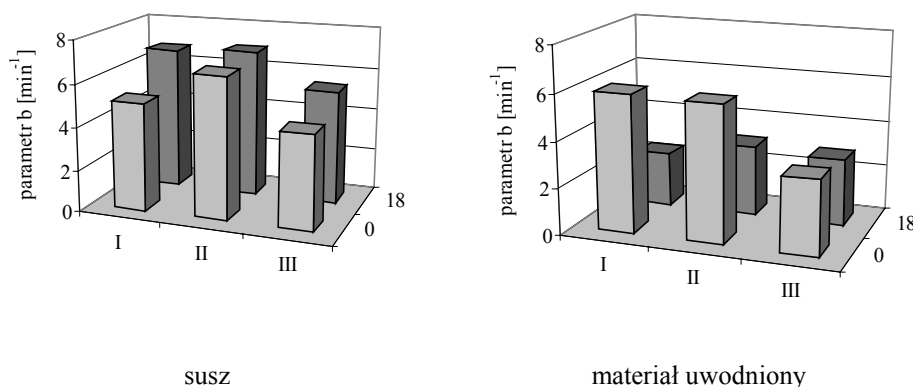


Rys. 3. Wartości parametru a dla pietruszki suszonej konwekcyjnie: I-brak obróbki wstępnej, II-blanszowanie, III-odwadnianie osmotyczne

Fig. 3. Values of parameter a for parsley dried by convection: I-no pretreatment, II-blanching, III-osmotic dehydration

W przypadku materiału uwodnionego, produkt uzyskany z pietruszki blanszowanej charakteryzuje się mniejszą sprężystością niż produkt pochodzący z surowca odwodnionego osmotycznie lub nie poddanego obróbce wstępnej. Tylko susz z pietruszki blanszowanej, przechowywany przez 18 miesięcy, wykazuje się istotnie niższą wytrzymałością na obciążenia zewnętrzne, w stosunku do wytrzymałości jaką posiadał bezpośrednio po suszeniu.

Wyższa wartość parametru b oznacza, że w trakcie testu następował gwałtowniejszy spadek krzywej relaksacji. Gwałtowność spadku krzywej relaksacji może świadczyć o intensyfikacji zmian o charakterze nieodwracalnym w strukturze tkankowej. Susz uzyskany z pietruszki odwodnionej osmotycznie i nie poddanej obróbce wstępnej charakteryzuje się mniejszą podatnością na degradację tkanek w stosunku do suszu pochodzącego z surowca blanszowanego. Przechowywanie suszu uzyskanego z pietruszki nie poddanej obróbce wstępnej spowodowało istotny wzrost wartości parametru b (rys. 4).



Rys. 4. Wartości parametru b dla pietruszki suszonej konwekcyjnie: I-brak obróbki wstępnej, II-blanszowanie, III-odwadnianie osmotyczne

Fig. 4. Values of parameter b for parsley dried by convection: I-no pretreatment, II-blanching, III-osmotic dehydration

Odwodnienie osmotyczne pietruszki przed suszeniem konwekcyjnym powoduje, że materiał uwodniony charakteryzuje się mniejszymi nieodwracalnymi zmianami w strukturze komórkowej niż to ma miejsce w rehydrowanym produkcie pochodzącym z surowca blanszowanego i nie poddanego obróbce wstępnej. Susz przechowywany przez 18 miesięcy charakteryzuje się niższymi wartościami parametru b przy wszystkich wersjach obróbki wstępnej.

Wnioski

1. Suszenie konwekcyjne oraz zaproponowane zabiegi wstępne istotnie obniżają wytrzymałość na ściskanie zarówno suszu jak i materiału uwodnionego. W większości badanych przypadków, próżniowe przechowywanie suszu nie powoduje zmian w wytrzymałości na ściskanie.
2. Odwodnienie osmotyczne pietruszki przed suszeniem konwekcyjnym najmocniej obniża wytrzymałość na przecinanie produktu. W większości badanych przypadków, próżniowe przechowywanie suszu powoduje dodatkowe obniżenie wytrzymałości na przecinanie produktu.

3. Susz uzyskany z pietruszki nie poddanej zabiegom wstępnym charakteryzuje się największą sprężystością. Blanszowanie pietruszki przed suszeniem konwekcyjnym powoduje zwiększenie podatności materiału biologicznego na deformację struktury komórkowej w trakcie procesu.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego finansowanego przez KBN, nr rejestracyjny 2 P06T 048 30

Bibliografia

- Alibas I.** 2007. Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying. *Biosystems Engineering* 96 (4). s. 495-502
- Burbianka M., Burzyńska H., Pliszka A.** 1983. *Mikrobiologia Żywności*. PZWL, Warszawa
- Górnicki K., Kaleta A.** 2007. Modelling convection drying of blanched parsley root slices. *Biosystems Engineering* 97. s. 51-59.
- Janowicz M., Lenart A.** 2005. Wpływ wstępnego odwadniania osmotycznego na współczynnik dyfuzji wody w tkance jabłek suszonych konwekcyjnie. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 11(71). s. 191-199.
- Kaleta A.** 1999. Metody obróbki wstępnej stosowane w procesie konwekcyjnego suszenia warzyw i grzybów. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 3. s. 43-56.
- Kaleta A., Górnicki K., Siwińska U.** 2005. Wpływ metod obróbki wstępnej stosowanych w procesie konwekcyjnego suszenia na kinetykę rehydracji suszu z korzenia pietruszki. *Acta Scientiarum Poloniarum. Technica Agraria* 4(1). s. 19-28.
- Lis T., Ziemlewska A., Lis M.** 2005. Wpływ temperatury suszenia pietruszki na przebieg procesu i cechy jakościowe suszu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(63). s. 307-316.
- Skorupska E.** 2005. Badanie procesu suszenia konwekcyjnego pietruszki korzeniowej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(69). s. 313-320.
- Stępień B.** 2007. Impact of the drying method on the process of carrot cutting. *Acta Agrophysica* 9(1). s. 255-267.
- Stępień B., Michalski A.** 2006. Zmiany cech mechanicznych zachodzące w trakcie przechowywania suszonej pietruszki. *Inżynieria Rolnicza* Nr 4(79). s. 199-206.
- Stropek Z., Gołacki K.** 2006. Metoda porównania przebiegów krzywych relaksacji naprężeń różnych materiałów roślinnych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12(87). s. 473-479.
- Surma M., Peroń S., Krajewski M.** 2006. Wpływ blanszowania na rehydrację pietruszki korzeniowej suszonej sublimacyjnie. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(79). s. 223-228.
- Witrowa-Rajchert D.** 1999. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. Fundacja "Rozwój SGGW". Warszawa. Maszynopis.

THE IMPACT OF CONVECTION DRYING ON SELECTED MECHANICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF PARSLEY ROOT

Abstract. The scope of the research included tests of compression, cutting and stress relaxation for parsley root dried by convection. Raw material was blanched and dehydrated by osmosis before drying. For comparison, mechanical and rheological properties were determined for product obtained directly after drying, and after 18 months of dried material storage in vacuum conditions. Convection drying significantly reduces compression strength of dried material and hydrated material. Parsley blanching before convection drying increases dried material resistance to cutting as compared to strength of raw material and products obtained from unprocessed and dehydrated by osmosis parsley. This treatment also increases parsley susceptibility to cellular structure deformations during drying.

Key words: parsley, convection drying, strength, rheology

Adres do korespondencji:

Bogdan Stępień; e-mail: stepien@imr.ar.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław