

Agnieszka Kaleta, Krzysztof Górnicki, Anna Kościkiewicz
Katedra Podstaw Inżynierii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

WPŁYW PARAMETRÓW SUSZENIA POD OBNIŻONYM CIŚNIENIEM NA KINETYKĘ REHYDRATAcji SUSZU Z KORZENIA PIETRUSZKI

Streszczenie

Badano wpływ parametrów suszenia pod obniżonym ciśnieniem na kinetykę rehydratacji suszu z korzenia pietruszki. Kinetykę procesu badano w zakresie 0-5 godzin wyznaczając względny przyrost masy rehydratowanego suszu. Aproksymacja danych doświadczalnych zaproponowanym równaniem kinetycznym dała dobre wyniki. Analiza przebiegu procesu rehydratacji wykazała, że takie parametry suszenia pod obniżonym ciśnieniem jak temperatura i ciśnienie wpływają na kinetykę rehydratacji suszu z korzenia pietruszki.

Słowa kluczowe: temperatura, obniżone ciśnienie, suszenie, rehydratacja, pietruszka

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania konsumentów tzw. żywnością wygodną, obejmującą produkty ułatwiające przyrządzanie posiłków oraz produkty gotowe do natychmiastowego spożycia lub wymagające krótkiej obróbki kulinarnej. Jedną z kategorii żywności wygodnej są koncentraty dań obiadowych, w których suszone warzywa są podstawowym składnikiem.

Suszenie hamuje procesy rozkładu mikrobiologicznego, prowadząc jednakże jednocześnie do częściowej utraty koloru, tekstury, zapachu oraz wartości odżywczych uzyskanego suszu. Dlatego też ważne jest, aby kontrolować proces suszenia oraz unikać degradacji cieplnej produktu. Podczas suszenia pod obniżonym ciśnieniem odparowanie wody odbywa się przy niższych temperaturach w stosunku do temperatur stosowanych w suszarkach atmosferycznych. Suszenie w warunkach obniżonego ciśnienia umożliwia prowadzenie procesu w sposób łagodniejszy, mniej zmieniający cechy produktu w porównaniu z suszeniem pod normalnym ciśnieniem.

Jednym z najważniejszych wskaźników jakości suszu jest zdolność do rehydracji. Teoretycznie rehydracja jest procesem odwrotnym do suszenia, ale nawet po nieskończone długim czasie nawilżania materiał nie powraca do właściwości, jakimi charakteryzował się surowiec. Znajomość właściwości rehydracyjnych suszonych produktów żywnościowych jest ważna również dlatego, że wiele suszonych produktów jest spożywanych lub dalej przemysłowo przetwarzanych po ich wcześniejszym uwodnieniu. Rehydracja takiego suszu powinna być całkowita i następować szybko.

Celem pracy jest analiza wpływu parametrów suszenia pod obniżonym ciśnieniem na kinetykę rehydracji suszu z korzenia pietruszki. W literaturze nie zajmowano się tym zagadnieniem. W nielicznych pracach badano kinetykę rehydracji suszu z warzyw korzeniowych (marchwi, pietruszki i selera), ale susz nie był uzyskany w wyniku suszenia pod obniżonym ciśnieniem [Kaleta i in. 2005; Kramkowski i in. 2001; Lee i in. 1989; Neumann 1972; Witrowa-Rajchert 1999]. Jedynie Markowski i Białobrzewski [1998] zajmowali się kinetyką rehydracji uzyskanego w warunkach obniżonego ciśnienia suszu ale ich badania dotyczyły selera.

Materiał i metody

Do badań wykorzystano oczyszczone korzenie pietruszki odmiany Berlińska. Korzeń pietruszki krojony był w plastry o grubości 3 mm. Temperatura powietrza suszącego w suszarce wynosiła 30, 40 i 50°C, natomiast ciśnienie obniżone było w stosunku do ciśnienia atmosferycznego o 0,01; 0,02 i 0,03 MPa.

Wysuszone plastry korzenia pietruszki poddawano następnie procesowi rehydracji w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C. Wyznaczano względny przyrost masy rehydratowanego suszu (tzn. stosunek aktualnej masy próbki do masy początkowej użytego do rehydracji suszu) w następujących czasach: 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5 h. Maksymalny błąd względny obliczania względnego przyrostu masy suszonego materiału podczas rehydracji wyniósł 0,14%. Oznaczenie względnego przyrostu masy wykonano w czterech powtórzeniach. Za pomocą programu Statistica sporządzono wykresy względnego przyrostu masy suszonego materiału podczas rehydracji dla czterech powtórzeń oraz wykonano aproksymację danych eksperymentalnych równaniem postaci:

$$m_{\tau}/m_o = A[B - \exp(-C \tau)] \quad [\text{Wesołowski 2000}]$$

w którym:

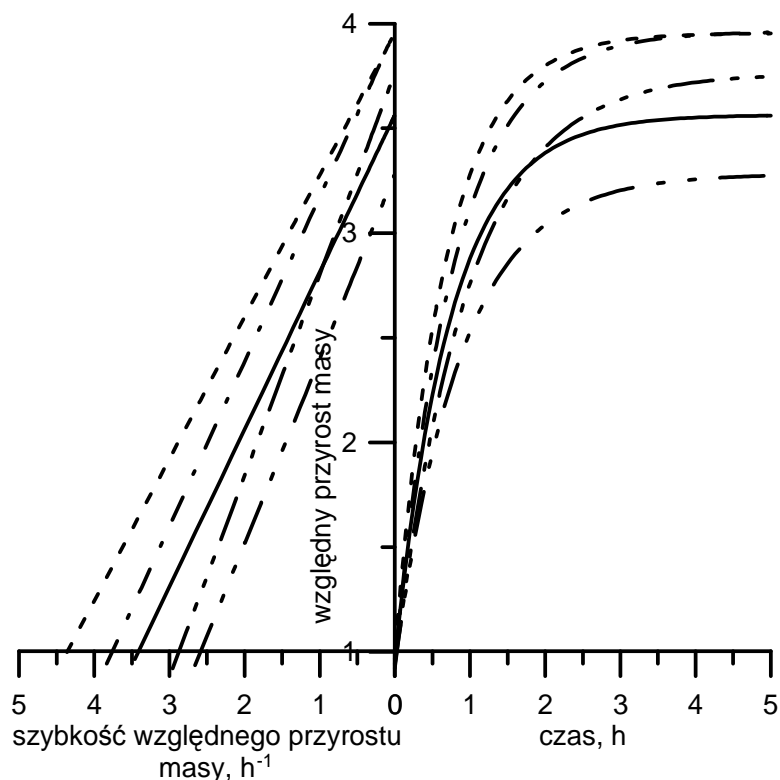
- m_{τ} – masa rehydratowanego suszu w chwili τ , kg;
- m_o – początkowa masa suszu, kg;
- τ – czas, h.

Na podstawie uzyskanych równań obliczono wartości równowagowe względnego przyrostu masy $(m_r/m_o)_r = A \cdot B$, tzn. takie, jakie osiągnąłby suszony materiał, gdyby proces rehydratacji trwał nieskończenie długo, natomiast w celu analizy szybkości względnego przyrostu masy zróżniczkowano otrzymane równania.

Wyniki i dyskusja

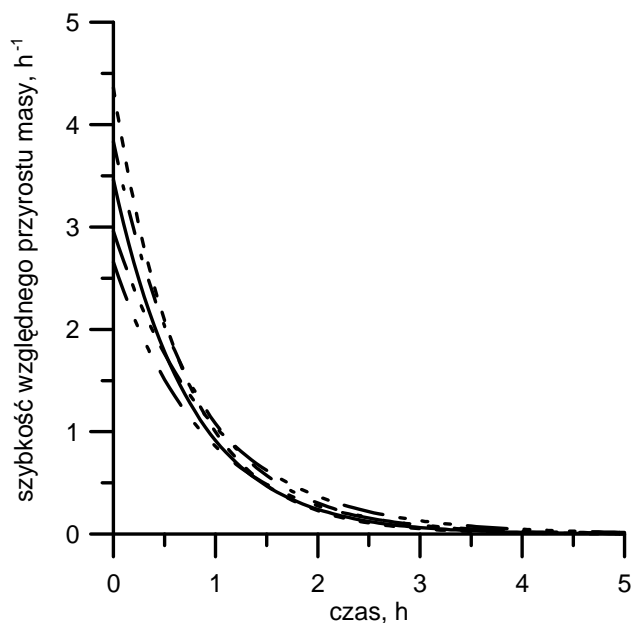
Aproksymacja danych doświadczalnych względnego przyrostu masy z suszu korzenia pietruszki podczas rehydratacji zaproponowanym równaniem kinetycznym daje dobre wyniki, gdyż współczynnik determinacji przyjmował wartości od 0,86 do 0,98.

Wpływ parametrów suszenia na względny przyrost masy i na szybkość względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki podczas rehydratacji ilustruje rysunek 1. Natomiast rysunek 2 przedstawia wpływ parametrów suszenia na przebieg zmian w funkcji czasu szybkości względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki podczas rehydratacji. Analizując uzyskane wyniki badań można zauważyć następujące zależności. Wszystkie badane próbki wykazują w początkowym okresie rehydratacji trwającym przeciętnie dwie godziny (dla plasterków suszonych w temperaturze 40°C) lub dwie i pół godziny (dla plasterków suszonych w temperaturze 30 i 50°C) największy względny przyrost masy, zaś w dalszym etapie trwania procesu przyrost ten postępuje o wiele wolniej. W czasie całego przebiegu procesu zauważalna jest różnica w wielkościach przyjmowanych przez poszczególne próbki wartości względnego przyrostu masy. W początkowym okresie rehydratacji proces przebiega najszybciej dla próbek suszonych w temperaturze 40°C, zaś najwolniej dla próbek suszonych w temperaturze 30°C. Spośród plasterków suszonych w temperaturze 40°C, proces rehydratacji przebiega w początkowym okresie najszybciej dla próbek suszonych pod ciśnieniem obniżonym w stosunku do ciśnienia atmosferycznego o 0,02 MPa, zaś najwolniej dla próbek suszonych pod ciśnieniem obniżonym o 0,01 MPa. W dalszym etapie trwania procesu szybkość względnego przyrostu masy dla wszystkich przebadanych prób ma zbliżoną wartość, natomiast względne przyrosty masy mają różne wartości.



Rys. 1. Wpływ parametrów suszenia na względny przyrost masy i na szybkość względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki podczas rehydracji (grubość plasterków 3 mm): (—) temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,01 MPa, (---) temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, (- · -) temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,03 MPa, (- · · -) temperatura 30°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, (- · · · -) temperatura 50°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa

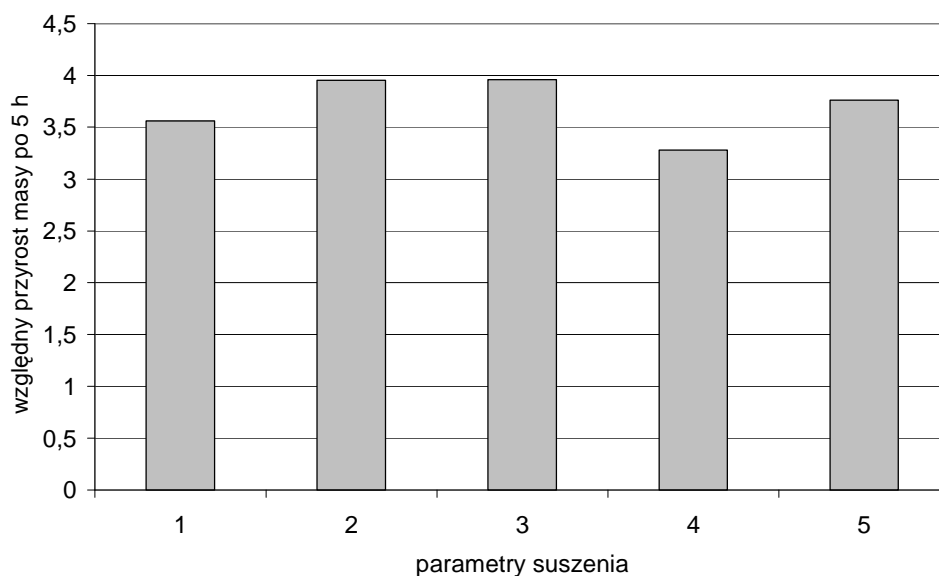
Fig. 1. Influence of parameters of vacuum drying on relative increase in mass and rate of relative increase in mass of dried parsley root during rehydration (3 mm thick slices): (—) temperature 40°C, pressure lowered of 0,01 MPa in relation to atmospheric pressure, (---) temperature 40°C, pressure lowered of 0,02 MPa, (- · -) temperature 40°C, pressure lowered of 0,03 MPa, (- · · -) temperature 30°C, pressure lowered of 0,02 MPa, (- · · · -) temperature 50°C, pressure lowered of 0,02 MPa



Rys. 2. Wpływ parametrów suszenia na przebieg zmian w funkcji czasu szybkości względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki podczas rehydracji (grubość plasterków 3 mm): (—) temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,01 MPa, (---) temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, (- · -) temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,03 MPa, (- - -) temperatura 30°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, (- · · -) temperatura 50°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa

Fig. 2. Influence of parameters of vacuum drying on the course of changes in time of rate of relative increase in mass of dried parsley root during rehydration (3 mm thick slices): (—) temperature 40°C, pressure of lowered 0,01 MPa in relation to atmospheric pressure, (---) temperature 40°C, pressure lowered of 0,02 MPa, (- · -) temperature 40°C, pressure lowered of 0,03 MPa, (- - -) temperature 30°C, pressure lowered of 0,02 MPa, (- · · -) temperature 50°C, pressure lowered of 0,02 MPa

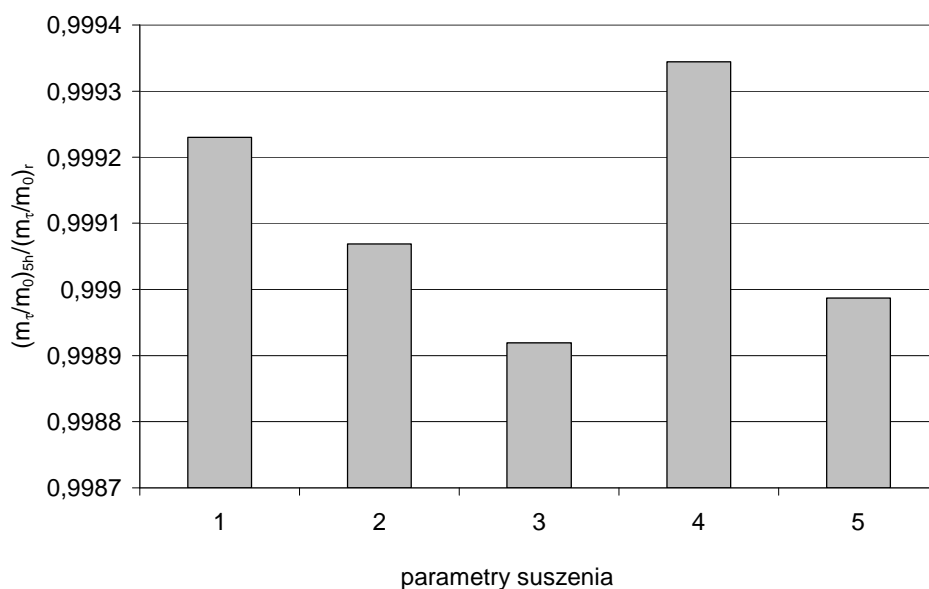
Na rysunku 3 pokazano zależność względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki po 5 h rehydracji od parametrów suszenia. Po pięciu godzinach rehydracji najwyższą wartość względnego przyrostu masy wynoszącą 3,96 osiągnęły plasterki pietruszki suszone w temperaturze 40°C przy ciśnieniu obniżonym o 0,02 i 0,03 MPa, natomiast najniższą równą 3,28 osiąga susz otrzymany w temperaturze 30°C.



Rys. 3. Zależność względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki po 5 h rehydratacji od parametrów suszenia (grubość plasterków 3 mm): 1 - temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,01 MPa, 2 - temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, 3 - temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,03 MPa, 4 - temperatura 30°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, 5 - temperatura 50°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa

Fig. 3. Dependence of relative increase in mass of dried parsley root after 5 hours of rehydration on parameters of vacuum drying (3 mm thick slices): 1 - temperature 40°C, pressure lowered of 0,01 MPa in relation to atmospheric pressure, 2 - temperature 40°C, pressure lowered of 0,02 MPa, 3 - temperature 40°C, pressure lowered of 0,03 MPa, 4 - temperature 30°C, pressure lowered of 0,02 MPa, 5 - temperature 50°C, pressure lowered of 0,02 MPa

W przeprowadzonych badaniach uzyskano prawie identyczne wartości względnego przyrostu masy suszu po pięciogodzinnej rehydratacji i równowagowego względnego przyrostu masy (rys. 4). Stosunek obu przyrostów masy wynosi $\sim 1:1$. Stosunek względnego przyrostu masy suszu po 5 h rehydratacji i równowagowego względnego przyrostu masy suszu jest najwyższy dla nawadnianego materiału suszonego w temperaturze 30°C i wynosi ok. 0,9993, a najniższy dla rehydratowanego materiału suszonego w temperaturze 40°C pod ciśnieniem obniżonym o 0,03 MPa i wynosi ok. 0,9989. Można w związku z tym przyjąć, że wszystkie przebadane próbki osiągnęły stan równowagi po pięciogodzinnej rehydratacji.



Rys. 4. Zależność stosunku względnego przyrostu masy suszu z korzenia pietruszki po 5 h rehydratacji do równowagowego względnego przyrostu masy $(m_{\tau}/m_o)_{5h}/(m_{\tau}/m_o)_r$ od parametrów suszenia (grubość plasterków 3 mm): 1 - temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,01 MPa, 2 - temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, 3 - temperatura 40°C, ciśnienie obniżone o 0,03 MPa, 4 - temperatura 30°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa, 5 - temperatura 50°C, ciśnienie obniżone o 0,02 MPa

Fig. 4. Dependence of relative increase in mass of dried parsley root after 5 hours of rehydration to equilibrium relative increase in mass ratio $(m_{\tau}/m_o)_{5h}/(m_{\tau}/m_o)_r$ on parameters of vacuum drying (3 mm thick slices): 1 - temperature 40°C, pressure lowered of 0,01 MPa in relation to atmospheric pressure, 2 - temperature 40°C, pressure lowered of 0,02 MPa, 3 - temperature 40°C, pressure lowered of 0,03 MPa, 4 - temperature 30°C, pressure lowered of 0,02 MPa, 5 - temperature 50°C, pressure lowered of 0,02 Mpa

Wnioski

1. Aproksymacja danych doświadczalnych względnego przyrostu masy z suszu korzenia pietruszki podczas rehydratacji zaproponowanym równaniem kinetycznym daje dobre wyniki, gdyż współczynnik determinacji przyjmował wartości od 0,86 do 0,98.

Agnieszka Kaleta, Krzysztof Górnicki, Anna Kościkiewicz

2. Wszystkie badane próbki wykazują w początkowym okresie rehydratacji trwającym przeciętnie dwie godziny (dla plasterków pietruszki suszonych w temperaturze 40°C) lub dwie i pół godziny (dla plasterków pietruszki suszonych w temperaturze 30 i 50°C) największy względny przyrost masy, zaś w dalszym etapie trwania procesu przyrost ten postępuje o wiele wolniej.
3. Względny przyrost masy suszu z korzenia pietruszki po pięciogodzinnym procesie rehydratacji zależy od parametrów przyjętych w procesie suszenia. Najwyższą wartość równą 3,96 osiąga on dla suszu uzyskanego w temperaturze 40°C (ciśnienie obniżone o 0,02 MPa i 0,03 MPa w stosunku do ciśnienia atmosferycznego), zaś najniższą równą 3,28 dla suszu otrzymanego w temperaturze 30°C.
4. Można przyjąć, że wszystkie przebadane próbki osiągnęły stan równowagi po pięciogodzinnej rehydratacji.

Bibliografia

Kaleta A., Górnicki K., Siwińska U. 2005. Wpływ metod obróbki wstępnej stosowanych w procesie konwekcyjnego suszenia na kinetykę rehydratacji suszu z korzenia pietruszki. *Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria* 4(1): 19-28.

Kramkowski R., Gawlik P., Banasik K., Czachor G. 2001. Kinetyka rehydratacji warzyw korzeniowych suszonych sublimacyjnie. *Inżynieria Rolnicza* 12: 137-142.

Lee B.W., Shin G.J., Kim M.H., Choi C.U. 1989. Effect of pretreatments on quality of air dried carrot flakes. *Korean Journal of Food Science and Technology* 21(3): 430-434.

Markowski M., Białobrzewski I. 1998. Kinetics of vacuum drying of celery. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 7/48 (4): 707-712.

Neumann H.J. 1972. Dehydrated celery: Effect of predrying treatments and rehydration procedures on reconstitution. *Journal of Food Science* 37: 437-441.

Wesołowski A. 2000. Badania suszenia jabłek promieniami podczerwonymi. Rozprawa doktorska. SGGW, Warszawa.

Witrowa-Rajchert D. 1999. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

INFLUENCE OF PARAMETERS OF PARSLEY ROOT VACUUM DRYING ON KINETICS OF DRIED PRODUCT REHYDRATION

Summary

The influence of parameters of parsley root vacuum drying on the kinetics of dried product rehydration were examined. Kinetics of the process was tested within the range of 0 – 5 hours. Relative increase in mass of dried parsley root was determined. The approximation of experimental data with assumed kinetic equation gave good results. Analysis of the rehydration course showed that temperature and pressure influence on the kinetics of dried parsley root rehydration.

Key words: temperature, vacuum drying, rehydration, parsley