

WPŁYW WARUNKÓW KONWEKCYJNEGO I SUBLIMACYJNEGO SUSZENIA KORZENI MARCHWI NA JAKOŚĆ SUSZU

Streszczenie

W pracy określono wpływ temperatury czynnika suszącego (w przypadku suszenia konwekcyjnego), oraz temperatury płyty grzejnej (w przypadku suszenia sublimacyjnego) na jakość suszu marchwi. Materiał badawczy stanowiły kostki marchwi o wymiarze boku równym 10 mm, odmiany NEWTON. Badanymi wyróżnikami jakości otrzymanego suszu były: analiza sensoryczna suszu przed rehydracją, analiza sensoryczna suszu po rehydratacji, zdolność pochłaniania wody przez susz, zawartość β -karotenu. Z oceny sensorycznej suszu wynika, że ze wzrostem temperatury suszenia (w obu sposobach suszenia) jakość suszu marchwi ulega pogorszeniu, przy czym w przypadku suszenia sublimacyjnego w zdecydowanie mniejszym stopniu niż w przypadku suszenia konwekcyjnego. Zdolność pochłaniania wody przez susz maleje ze wzrostem temperatury suszenia zarówno w przypadku suszenia konwekcyjnego jak i sublimacyjnego; charakter zmian w obu przypadkach jest analogiczny. Ubytki β -karotenu w procesie suszenia wzrastają ze wzrostem temperatury suszenia w przypadku obu technik suszenia, przy czym w przypadku liofilizacji (suszenia sublimacyjnego) wzrost jest nieznaczny, natomiast w przypadku suszenia konwekcyjnego dla temperatur powyżej 70°C obserwuje się zdecydowanie większe ubytki β -karotenu. Wszystkie badane wyróżniki jakości suszu marchwi wskazują na zdecydowanie lepszą jakość produktu liofilizowanego niż produktu suszonego konwekcyjnie w całym badanym zakresie temperatur (w większości przypadków wyróżniki jakościowe liofilizatu przewyższały 2-krotnie analogiczne wyróżniki suszu konwekcyjnego).

Słowa kluczowe: marchew, suszenie konwekcyjne, suszenie sublimacyjne, liofilizacja, jakość suszu

Oznaczenia

P - ciśnienie [Pa],

h_0 - początkowa wysokość warstwy materiału suszonego [cm],

t - temperatura [°C],

v - prędkość przepływu czynnika suszącego [m/s],

τ - czas suszenia [h].

Wprowadzenie

Jednym z najważniejszych parametrów suszenia jest temperatura suszenia, której wzrost z jednej strony przyspiesza proces, poprawiając jego ekonomikę, z drugiej zaś jest czynnikiem pogarszającym jakość otrzymanego suszu. W obecnych warunkach rynkowych, jak i światowym lobby dotyczącym zdrowej żywności, o wysokiej jakości, zawierającej jak najwięcej substancji odżywczych, obydwa aspekty są bardzo istotne i wzajemnie przeciwstawne. W związku z powyższym, bardzo ważne w praktyce przemysłowej jest znalezienie pewnego optimum do czego niezbędna jest szczegółowa analiza wpływu temperatury suszenia na jakość otrzymanego suszu.

Cel i zakres pracy

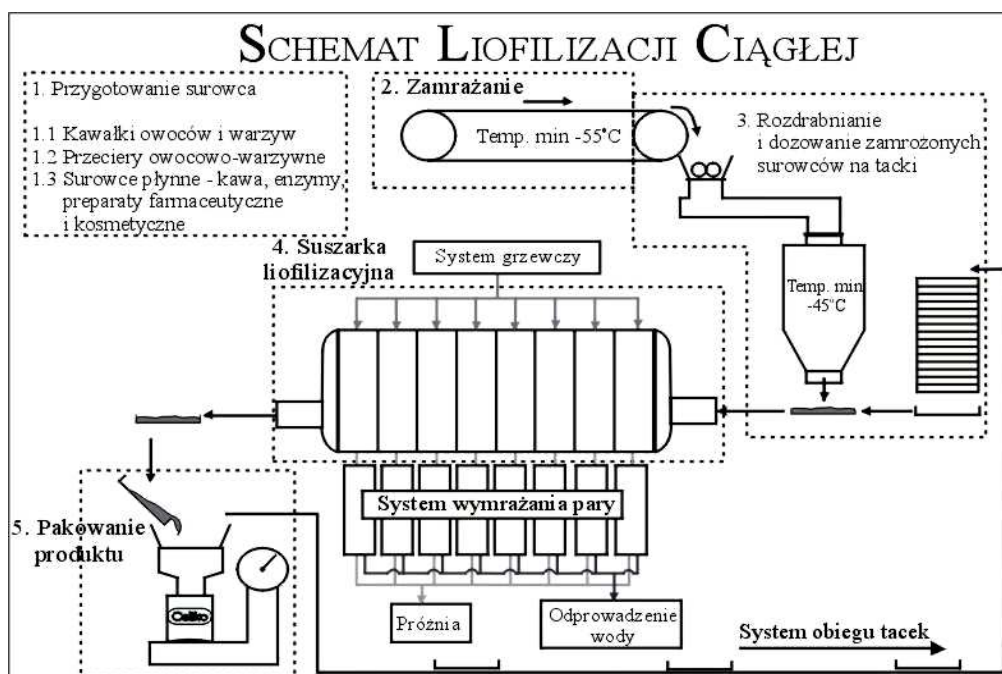
Celem badań była ocena wpływu temperatury suszenia na jakość suszu w procesie konwekcyjnego i sublimacyjnego suszenia korzeni marchwi. Mianem temperatury suszenia określono: w przypadku suszenia konwekcyjnego – temperaturę czynnika suszącego, a w przypadku suszenia sublimacyjnego (liofilizacji) - temperaturę płyty grzejnej. Dokonano,

również porównania technik konwekcyjnego i sublimacyjnego suszenia korzeni marchwi w aspekcie jakości uzyskiwanego suszu.

Metodyka

Materiałem doświadczalnym były kostki marchwi o wymiarze boku równym 10 mm, które otrzymywano z obranych korzeni marchwi odmiany NEWTON, wilgotności $86 \div 89\%$. Badania suszenia konwekcyjnego prowadzono w warunkach laboratoryjnych w modelowym układzie suszenia na złożu nieruchomym, z przepływem poprzecznym czynnika suszącego o temperaturach $t = \{50, 60, 70, 80, 90\}^{\circ}\text{C}$ i przy prędkości przepływu czynnika suszącego $v = 0,9\text{ m/s}$ w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego, AR w Poznaniu [Gawałek 2003]. Początkowa wysokość warstwy krajanki marchwi wynosiła $h_0 = 4\text{ cm}$. Materiał suszono do wilgotności końcowej 9-10%.

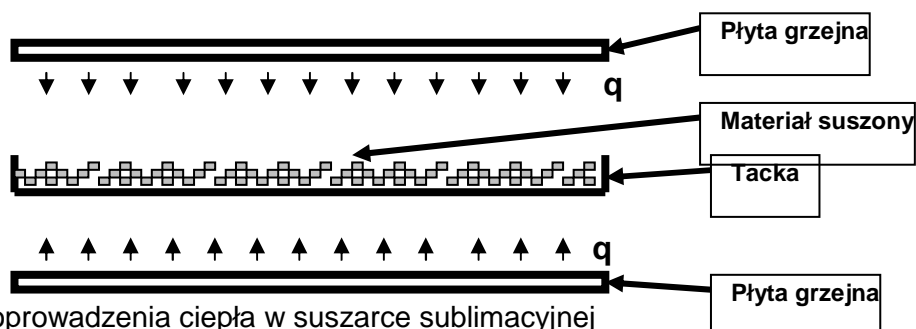
Badania suszenia sublimacyjnego prowadzono w warunkach przemysłowych na linii ciągłej liofilizacji, dzięki uprzejmości firmy CELIKO S.A. z Poznania. Schemat linii technologicznej przedstawiono na rysunku 1. Instalacja jest przystosowana do liofilizacji surowców różnej postaci, począwszy od postaci stałej – owoców i warzyw w dowolnym stopniu rozdrobnienia, poprzez przeciery owocowo – warzywne, skończywszy na surowcach płynnych – kawa, soki owocowe, enzymy, preparaty farmaceutyczne i kosmetyczne. Marchew jako materiał badawczy została pokrojona do wymaganych rozmiarów w stacji przygotowania surowca (1) i następnie zamrożona w tunelu chłodniczym (2) do temperatury -40°C . W stacji rozdrabniania i dozowania zamrożonego surowca (3) (w temp. -45°C) już bez dodatkowego rozdrabniania została podana na wcześniej zmrożone tacki - wysokość warstwy krajanki marchwi wynosiła $h_0 = 2\text{ cm}$. Tacki z zamrożoną kostką marchwi, w sposób automatyczny, w systemie ciągłym były wprowadzane przez śluzy próżniowe do suszarki sublimacyjnej (4), gdzie następował właściwy proces suszenia sublimacyjnego. Ciepło w suszarce było



Rys. 1. Schemat liofilizacji ciągłej – firma CELIKO S.A., Poznań

Fig. 1. Scheme of continuous lyophilization – CELIKO S.A. firm, Poznań.

doprowadzane na drodze promieniowania od płyt grzejnych umieszczonych w odległości kilku centymetrów z góry i z dołu tacki z materiałem suszonym, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 2. Temperatury płyt grzejnych w prowadzonych badaniach były analogiczne do temperatur czynnika suszącego, w przypadku suszenia konwekcyjnego i wynosiły $t = \{50, 60, 70, 80, 90\} \text{ } ^\circ\text{C}$. Proces suszenia sublimacyjnego przebiegał w warunkach próżni, przy ciśnieniu $P = 70 \div 100 \text{ Pa}$.

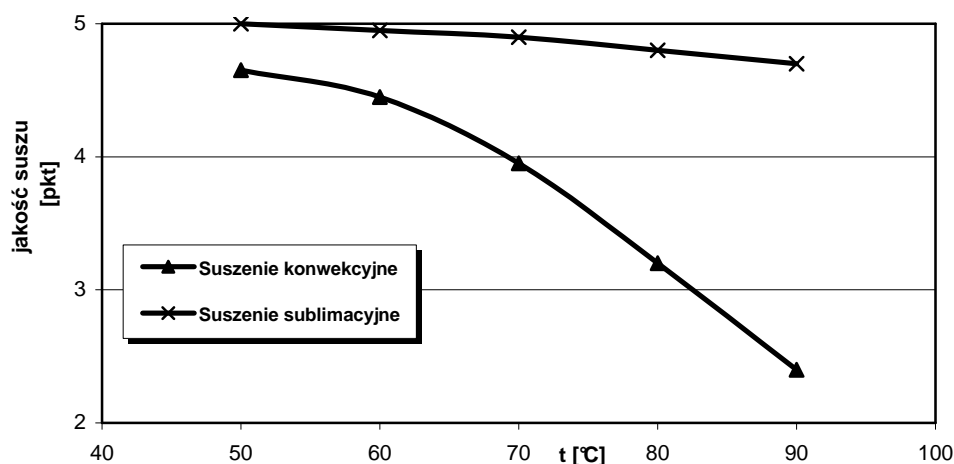


Rys. 2. Sposób doprowadzenia ciepła w suszarce sublimacyjnej
Fig. 2. Way of the heat supply in a freeze drier.

Jakość uzyskiwanego suszu określano metodą punktową przez przeszkolony zespół wg skali pięciopunktowej [Baryłko-Pikielna 1975]. Analiza polegała na ocenie wartości charakterystycznych cech suszu, takich jak: barwa, zapach, smak i konsystencja. Oceny prób suszu dokonano na zimno – przed rehydracją (uwodnieniem) suszu oraz po rehydratacji [PN-72/A-77603]. Ponadto, oznaczono zdolność pochłaniania wody przez susz [PN-90/A-75101/19], oraz zawartość β -karotenu w surowcu i uzyskiwanym suszu w odniesieniu do suchej masy [PN-90/A-75101/12].

Wyniki badań i ich analiza

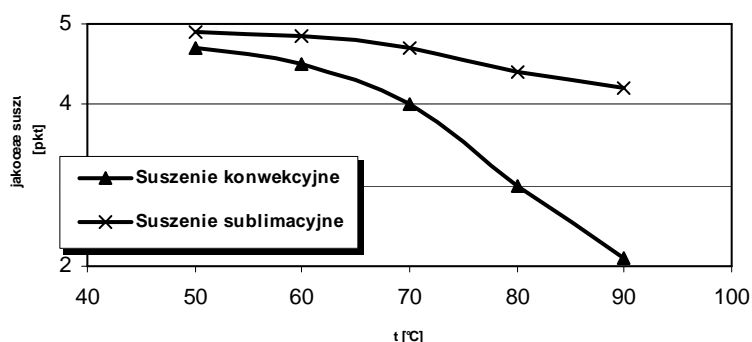
Na rysunku 3 przedstawiono wpływ temperatury suszenia na ocenę sensoryczną suszu przed rehydracją. W przypadku obu technik suszenia obserwuje się spadek jakości suszu ze wzrostem temperatury suszenia, przy czym w przypadku liofilizacji jest on niewielki w stosunku do suszenia konwekcyjnego. Im wyższa temperatura suszenia tym większa różnica jakości suszu pomiędzy liofilizatem a suszem konwekcyjnym.



Rys.3. Graficzny obraz wyników oceny sensorycznej suszu z marchwi przed rehydracją w zależności od temperatury czynnika suszącego (dla suszenia konwekcyjnego) i temperatury płyty grzejnej (dla suszenia sublimacyjnego)

Fig. 3. Graphical presentation of sensory assessment results for dried carrot cubes before rehydration depending on the temperature if drying agent (convection drying) and heating plate (freeze drying)

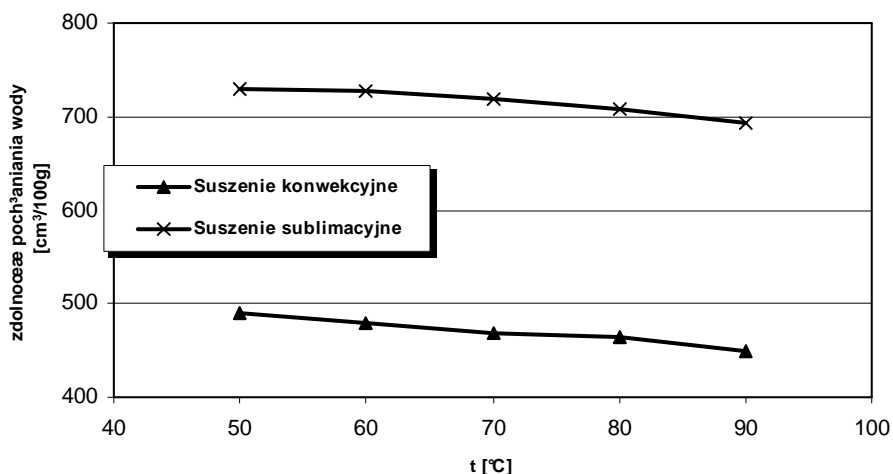
Podobne zależności obserwuje się w przypadku oceny jakości suszu uwodnionego (rysunek 4). Ze wzrostem temperatury suszenia obserwuje się spadek jakości suszu w obu badanych procesach i podobnie jak w przypadku oceny suszu nieuwodnionego, spadek jakości suszu konwekcyjnego jest zdecydowanie gwałtowniejszy.



Rys.4. Graficzny obraz wyników oceny sensorycznej suszu z marchwi po rehydracji w zależności od temperatury czynnika suszącego (dla suszenia konwekcyjnego) i temperatury płyty grzejnej (dla suszenia sublimacyjnego)

Fig. 4. Graphical presentation of sensory assessment results for dried carrot cubes before rehydration depending on the temperature if drying agent (convection drying) and heating plate (freeze drying)

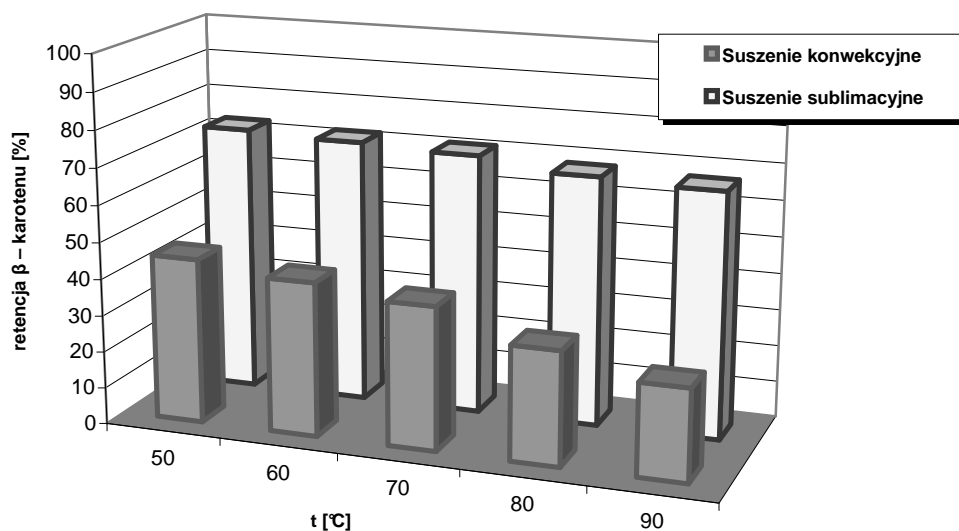
Na rysunku 5 przedstawiono wpływ temperatury suszenia na zdolność pochłaniania wody przez susz z marchwi. W obu sposobach suszenia obserwuje się trend malejący przy wzroście temperatury suszenia. Charakter tych zależności jest analogiczny w obu przypadkach, co sugeruje obserwowana „równoległość” krzywych. Produkt liofilizowany osiąga zdecydowanie wyższe wartości zdolności pochłaniania wody (prawie 2-krotnie).



Rys.5. Zdolność pochłaniania wody przez susz marchwi w zależności od temperatury czynnika suszącego (dla suszenia konwekcyjnego) i temperatury płyty grzejnej (dla suszenia sublimacyjnego)

Fig. 5. Water absorption ability by dried carrot depending on the temperature of drying agent (convection drying) and heating plate (freeze drying).

Retencję (zachowaną zawartość) β -karotenu w suszu przedstawiono w procentach w odniesieniu do zawartości początkowej β -karotenu w marchwi świeżej przed suszeniem (rysunek 6). W przypadku suszenia konwekcyjnego retencja β -karotenu zawierała się w granicach 25 – 45%, czyli straty β -karotenu podczas suszenia wyniosły 55 – 75%. W przypadku liofilizacji wskazania te są zdecydowanie lepsze (2-krotnie wyższe) tzn. retencja w zakresie 67 – 73 %, co oznacza straty na poziomie 27 – 33%. W obu sposobach suszenia stwierdzono spadek zawartości β -karotenu w suszu marchwi czyli wzrost strat (ubytków) przy wzrastającej temperaturze suszenia. Należy zauważyć, że w przypadku suszenia konwekcyjnego, powyżej temperatury 70°C wpływ temperatury jest zdecydowanie większy na straty β -karotenu. W zakresie temperatur 50 - 70°C wzrost temperatury suszenia o 10°C powoduje wzrost ubytków β -karotenu o ok. 3%, natomiast w zakresie temperatur 70 - 90°C o ok. 8%.



Rys.6. Retencja β - karotenu w suszu marchwi w zależności od temperatury suszenia, dla suszenia konwekcyjnego i sublimacyjnego

Fig. 6. Content of β -carotene in dried carrot roots as affected by drying temperature – for convection and freeze drying.

Wnioski

1. Pomiędzy jakością suszu marchwi w postaci kostek a temperaturą suszenia istnieje ścisła zależność. Z oceny sensorycznej suszu wynika, że ze wzrostem temperatury suszenia (w obu sposobach suszenia) jakość suszu ulega pogorszeniu, przy czym w przypadku liofilizacji w zdecydowanie mniejszym stopniu niż w przypadku suszenia konwekcyjnego.
2. W obu sposobach suszenia zdolność pochłaniania wody przez susz marchwi jest tym większa, im niższa jest temperatura suszenia (czynnika suszącego lub płyty grzejnej). Charakter zmian w obu przypadkach jest analogiczny.
3. Zawartość β – karotenu maleje ze wzrostem temperatury suszenia w przypadku obu sposobów suszenia, przy czym w przypadku liofilizacji spadek jest nieznaczny, natomiast w przypadku suszenia konwekcyjnego dla temperatur powyżej 70°C obserwuje się zdecydowanie większe ubytki β – karotenu w procesie suszenia.
4. Wszystkie badane wyróżniki jakości suszu marchwi wskazują na zdecydowanie lepszą jakość produktu liofilizowanego niż produktu suszonego konwekcyjnie w całym zakresie temperatur; w większości przypadków wyróżniki jakościowe liofilizatu przewyższały 2-krotnie analogiczne wyróżniki jakości suszu konwekcyjnego.

Bibliografia

Baryłko – Pikielna N. 1975. Zarys analizy sensorycznej żywności. WNT, Warszawa.

Gawałek J. 2003. Wpływ warunków konwekcyjnego suszenia korzeni marchwi na zużycie energii. Inżynieria Rolnicza 7 (49), str. 47 – 54, Warszawa.

PN-72/A-77603. Przetwory warzywne. Warzywa suszone.

PN-90/A-75101/19. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zdolności pochłaniania wody.

PN-90/A-75101/12. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie zawartości sumy karotenoidów i beta-karotenu.

EFFECT OF CONVECTION AND FREEZE DRYING CONDITIONS ON THE QUALITY OF DRIED CARROT ROOTS

Summary

Paper discussed the influence of drying agent temperature (in the case of convection drying) and the temperature of heating plate (in the case of freeze drying) on the quality of dried carrot roots. The roots of carrot, Newton cultivar, cut into cubes of 10 mm side, were used as the material for studies. The quality factors of obtained dried products were: sensory analysis before and after dehydration, the ability of water absorption and β -carotene content. Sensory evaluation showed that at time increase of drying temperature (at both drying techniques) the quality of dried product worsened, however in the case of freeze drying to much less extent than at convection drying. The ability of water absorption by dried product decrease along with increasing of drying temperature, both at convection and freeze drying; the character of changes was analogical at both drying techniques. The loss of β -carotene during drying rose with increasing drying temperature for both techniques of drying; the losses increased slightly at freeze drying (lyophilization), whereas in case of convection drying at the temperature above 70 deg C much higher β -carotene losses were observed. All tested quality factors of dried carrot roots showed much better quality of the lyophilized product than the product dried by convection for the whole range of tested temperatures (in most cases the quality factors of lyophilized material were twice higher than analogical factors of convection dried product).

Key words: carrot roots, convection drying, freeze drying, lyophilization, quality of dried product.

Recenzent - Tadeusz Lis