

Streszczenie

Celem niniejszej pracy doktorskiej, powstałej na podstawie cyklu czterech oryginalnych publikacji naukowych, było określenie wpływu właściwości fizykochemicznych roztworu osmotycznego uzyskanego na bazie zagęszczonych soków owocowych wzbogaconych koncentratami aromatów z ziół na kinetykę procesu odwadniania osmotycznego i dosuszania różnymi metodami. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury postawiono cztery hipotezy oraz wyznaczono zadania badawcze, których wykonanie pozwoliło na osiągnięcie założonego celu.

Pierwszym etapem badań było określenie wpływu parametrów procesu tj. mikrofal, ultradźwięków oraz obniżonego ciśnienia na kinetykę procesu odwadniania i jakość odwodnionego materiału (publikacja 1). Uzyskane wyniki badań pozwoliły stwierdzić korzystny wpływ zastosowania wymienionych parametrów procesowych (mikrofal, ultradźwięków i obniżonego ciśnienia) na przyrost substancji *SG* oraz utratę wody *WL*, a także znacząco przyczyniły się do zwiększenia zawartości związków polifenolowych TPC oraz pojemności przeciwutleniającej ABTS i FRAP. Stwierdzono, że korzystne działanie mikrofal wynikało z występowania nagrzewania w całej objętości materiału, które było szczególnie widoczne w początkowym okresie odwadniania. Zastosowanie obniżonego ciśnienia doprowadziło do zwiększenia powierzchni wymiany w materiale, a przez to na wyższy przyrost substancji *SG*. Prowadzenie odwadniania osmotycznego wspomaganego ultradźwiękami doprowadziło do rozluźnienia się struktury materiału dzięki czemu umożliwiło wnikanie związków o większej masie cząsteczkowej i wyższej aktywności biologicznej w głąb odwadnianego materiału.

Następnym krokiem było określenie wpływu właściwości fizycznych roztworów osmotycznych na kinetykę procesu odwadniania oraz na jakość odwadnianego surowca. Badania przeprowadzone w publikacji 2 obejmowały usunięcie związków o większej masie cząsteczkowej z zagęszczonego soku poprzez zastosowanie filtrów o porach różnej wielkości. Dzięki temu możliwe było zbadanie procesu selektywnego wnikania substancji z roztworu w trakcie odwadniania osmotycznego. Korzystny wpływ filtracji został potwierdzony zmianą aktywności wody oraz lepkości roztworu, a także pokazany za pomocą zdjęć SEM. Wpływ właściwości fizycznych roztworu na proces odwadniania został przedstawiony także w publikacji 4, która dotyczyła prowadzenia odwadniania osmotycznego materiału w roztworach osmotycznych na bazie filtrowanych i niefiltrowanych zagęszczonych soków owocowych z dodatkiem i bez dodatku ekstraktu z mięty. Przedstawione wyniki badań wykazały korzystny

wpływ filtracji na lepkość roztworu osmotycznego, a także na przyrost substancji *SG* i ubytek wody *WL* szczególnie w początkowym okresie odwadniania.

Wpływ składu chemicznego roztworu osmotycznego na właściwości fizykochemiczne odwadnianego materiału został przedstawiony w publikacji 2 i 4. Badania przedstawione w publikacji 2 wykazały, że zastosowanie filtrowanych roztworów nie wpływa na wyższą zawartość polifenoli w porównaniu do pozostałych wariantów, natomiast prowadzi do zwiększenia pojemności ABTS i FRAP na koniec procesu dla materiału odwadnianego w filtrowanym roztworze. Wyniki uzyskane w publikacji 4 pozwoliły stwierdzić, że usunięcie większych cząstek z zagęszczonego soku pozwoliło na uzyskanie znacznie wyższej zawartości związków lotnych (karwonu) w odwadnianym materiale, co wytłumaczono selektywnym wnikaniem substancji oraz większą zdolnością przemieszczania się mniejszych cząstek, które pozwoliły na głębsze wniknięcie związków lotnych do materiału. Wykazano, że najkorzystniejsze jest odwadnianie przez krótki okres czasu, gdyż pozwala na uzyskanie najwyższej zawartości związków lotnych.

Natomiast w publikacji 3 i 4 przedstawiono wpływ odwadniania osmotycznego prowadzonego w różnych roztworach osmotycznych na proces dosuszania przy użyciu metody konwekcyjnej, mikrofalowo-próżniowej oraz łączonej składającej się z konwekcyjnego podsuszania i dosuszania mikrofalowo-próżniowego, a także na jakość suszu. Badania przedstawione w publikacji 3 wskazują na znaczące skrócenie czasu suszenia przy użyciu różnych metod poprzez zastosowanie odwadniania osmotycznego jako obróbki wstępnej. Dodatkowo, odwadnianie w zagęszczonym soku jabłkowym wpłynęło na barwę oraz teksturę materiału, a także wpłynęło na uzyskanie znaczących różnic podczas analizy sensorycznej. W publikacji 4 przeprowadzono odwadnianie w filtrowanym i niefiltrowanym zagęszczonym soku owocowym z dodatkiem ekstraktu z mięty. Przeprowadzone badania wykazały znaczący wpływ filtracji na zawartość związków lotnych w suszonym materiale. Usunięcie większych cząstek z zagęszczonego soku wpłynęło na wniknięcie związków lotnych w głąb materiału, a przez to na ich zachowanie w procesie suszenia. Metoda konwekcyjna okazała się najlepsza, co prawdopodobnie było spowodowane większą wartością porowatości zamkniętej, która wpłynęła na dodatkowe zamykanie się związków lotnych w porach materiału, a przez to ich większą zawartość po procesie suszenia.

Przeprowadzone badania wnoszą nową wiedzę w zakresie prowadzenia procesu odwadniania osmotycznego w zagęszczonych sokach owocowych oraz wskazują na szczególną przydatność filtracji tego typu roztworów do uzyskiwania suszu o polepszonej jakości.

Słowa kluczowe: odwadnianie osmotyczne; suszenie; filtracja; właściwości fizyczne; zagęszczony sok

Streszczenie w języku angielskim

The aim of this doctoral thesis, based on a series of four original scientific papers, was to determine the influence of the physicochemical properties of osmotic solutions obtained on the basis of concentrated fruit juices enriched with herbal aroma concentrates on the kinetics of the osmotic dehydration and drying using different methods. Based on the literature review, four hypotheses were formulated and research tasks were set. Implementation of the research tasks allowed to achieve the assumed goal.

The first stage of the research was to determine the effect of the process parameters, i.e. microwaves, ultrasounds and reduced pressure on the kinetics of the osmotic dehydration and the quality of dehydrated material (publication 1). The obtained results showed the beneficial effect of the application of the above-mentioned process parameters (microwaves, ultrasounds and reduced pressure) on the increase of solid gain *SG* and water loss *WL*, and significantly contributed to the increase in the content of total polyphenolic compounds (TPC) and antioxidant capacity (ABTS and FRAP). It was found that the beneficial effect of microwaves resulted from the occurrence of volumetric heating of the material, which was particularly visible in the initial period of dehydration. The application of reduced pressure led to the increase in the surface area in the material, and thus to a higher growth of *SG*. The ultrasound assisted osmotic dehydration led to the loosening of the structure of the material, which allowed for the penetration of compounds with a higher molecular weight and higher biological activity into the dehydrated material.

The next step was to determine the influence of physical properties of osmotic solutions on the kinetics of osmotic dehydration and the quality of dehydrated material. Research carried out in publication 2 involved the removal of compounds with a higher molecular weight from concentrated juice through the use of filters with pores of different sizes. Therefore, it was possible to recognize the process of selective penetration of the substances from osmotic solution into the material during osmotic dehydration. The beneficial effect of filtration was confirmed by the change in water activity and viscosity of the solution, and also confirmed by SEM images. The influence of physical properties of the osmotic solution on the dehydration process was also presented in publication 4, which concerned the osmotic dehydration of the material in osmotic solutions based on filtered and unfiltered concentrated fruit juices with and without the addition of mint extract. The presented test results showed a beneficial effect of filtration on the viscosity of the osmotic solution, as well as on the increase of *SG* and *WL*, especially in the initial period of dehydration.

The influence of the chemical composition of osmotic solution on the physicochemical properties of dehydrated material was presented in publications 2 and 4. The studies presented in publication 2 showed that the use of filtered solutions did not result in a higher content of polyphenols compared to the other variants, but led to an increase in ABTS and FRAP capacity at the end of the process for material dehydrated in filtered solution. The results obtained in publication 4 allowed to conclude that the removal of particles with high molecular mass from the concentrated juice allowed to obtain a much higher content of volatile compounds (carvone) in the dehydrated material, which was explained by the selective penetration and greater mobility of smaller particles, which allowed for deeper penetration of volatile compounds into the material. Dehydration for a short time was shown to be most advantageous due to the highest volatile compounds content.

Publications 3 and 4 showed the effect of osmotic dehydration carried out in various osmotic solutions on the drying process using convective, vacuum-microwave and combined methods consisting of convective pre-drying and vacuum-microwave finishing drying, as well as on the quality of the dried material. The studies presented in publication 3 showed a significant reduction in drying time using different methods by using osmotic dehydration as a pre-treatment. Additionally, dehydration in concentrated apple juice influenced the color and texture of the material, and also contributed to obtaining significant differences during the sensory analysis. In publication 4, dehydration was carried out in filtered and unfiltered concentrated fruit juice with the addition of mint extract. The conducted research showed a significant influence of filtration on the content of volatile compounds in the dried material. The removal of larger particles from the concentrated juice influenced the penetration of volatile compounds into the material, and thus their behavior in the drying process. At the end, convective drying was recommended due to the higher value of closed porosity, which resulted in additional closure of volatile compounds in the pores of the material, and thus their higher content after the drying process.

Conducted research brings new knowledge in the field of osmotic dehydration carried out in concentrated fruit juices and indicates the particular usefulness of filtration of this type of solutions for obtaining dried material with improved quality.

Keywords: osmotic dehydration; drying; filtration; physical properties; concentrated juice