

Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA  
Prof. dr hab. Andrzej LENART  
Dr hab. inż. Agata MARZEC  
Dr hab. inż. Jolanta KOWALSKA  
Dr inż. Agnieszka CIURZYŃSKA  
Mgr inż. Kinga CZAJKOWSKA  
Mgr inż. Maria HANKUS  
Mgr lic. Mariusz WOJNOWSKI

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## WYKORZYSTANIE ZRÓWNOWAŻONYCH ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH W WYTWARZANIU WYSOKIEJ JAKOŚCI PRZEKĄSEK WZBOGACANYCH W BIOSKŁADNIKI®

The possibility of sustainable technological application in the commercial  
manufacture of high quality snacks enriched with natural ingredients®

*Badania wspierane finansowo przez SUSFOOD ERA-NET/NCBiR; Projekt 5/SH/SUSOOD/2014.  
Okres realizacji: 2014-2016, Polska. Współfinansowane z dotacji MNiSW na działalność statutową Wydziału  
Nauk o Żywności, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

**Słowa kluczowe:** przekąski owocowe, liofilizacja, suszenie hybrydowe („puffing”).

*Wzbogacanie owoców w związku biologicznie aktywne podczas odwadniania osmotycznego jest nowym sposobem uatrakcyjniania owocowych produktów suszonych. Możliwości takie daje wykorzystanie soków owocowych lub ekstraktów pozyskanych np. z wytłoków owocowych, co stanowi skuteczny czynnik w zrównoważonym przetwarzaniu surowców roślinnych.*

**Key words:** fruit snacks, freeze drying, hybrid technique (puffing).

*Enrichment fruit in additional biologically active compounds during osmotic dehydration is a new way of enhancing the attractiveness of dried fruit products. It is also possible to use fruit juice or extracts obtained eg. from marc (by-product) of fruit, which is an effective factor in the sustainable processing of plant materials.*

### WSTĘP

Zmieniający się styl życia, nawyki żywieniowe konsumentów, ale też wymagania co do jakości i składu produktów, niejednokrotnie niezależnie od ceny, zmuszają producentów żywności do zwiększania gamy oferowanych produktów. Z uwagi na sezonowość występowania owoców, przemysł spożywczy stosuje różne techniki przetwarzania i utrwalania tych surowców. Do często stosowanych technik utrwalania należy zaliczyć suszenie i zamrażanie. Dobór odpowiedniej metody suszenia pozwala na uzyskanie produktu, który w dużym zakresie zachowa skład chemiczny surowca. W wyniku procesu suszenia, zmniejsza się zawartość wody w surowcu, dzięki czemu uzyskać można produkt trwały, zawierający skoncentrowaną dawkę zarówno składników odżywczych, jak i wykazujących właściwości prozdrowotne.

Jabłka, truskawki, gruszki są surowcami często wykorzystywanymi w przetwórstwie owocowym. Otrzymanie suszy z owoców o atrakcyjnych walorach smakowych, często wymaga zastosowania obróbki wstępnej. Susze otrzymane metodą połączoną z odwadnianiem osmotycznym charakteryzują się wyczuwalną słodyczą. Znalazły szerokie zastosowanie jako dodatki do ciast, deserów, lodów, jogurtów, ale również przeznaczone są do bezpośredniego spożycia.

Owadnianie osmotyczne przed suszeniem wpływa korzystnie na właściwości odżywcze i sensoryczne suszy z owoców, kosztem nieznacznego uszkodzenia ich struktury, eliminując zwyczajową konieczność stosowania chemicznych konserwantów. Efektowi odwodnienia z wykorzystaniem zjawiska osmozy może towarzyszyć wzbogacanie składu suszy w substancje odżywcze, poprzez dodatek witamin lub składników mineralnych do roztworu osmotycznego.

**Adres do korespondencji – Corresponding author:** Hanna Kowalska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa, e-mail: hanna\_kowalska@sggw.pl

Korzystne od strony atrakcyjności produktu oraz rozwiązań technologicznych jest stosowanie naturalnych substancji wzbogacających w postaci soków, ich koncentratów lub ekstraktów pozyskanych z wyłoków owocowych. Wśród metod suszenia możliwość znaczącego skrócenia czasu wytwarzania przekąsek owocowych wysokiej jakości stwarza technika związana z efektem „puffingu”.

**Celem artykułu jest omówienie możliwości wytwarzania przekąsek z jabłek, truskawek lub gruszek wzbogacanych w naturalne składniki bioaktywne z wykorzystaniem technik zrównoważonego przetwórstwa owoców. Dodatkowo celem omawianych zagadnień jest rozpowszechnienie wyników uzyskanych przez konsorcjum w ramach zrealizowanego projektu Era-Net Susfood.**

## KONCEPCJA PROJEKTU ERA-NET SUSFOOD

Zasadniczą koncepcją projektu ERA-NET SUSFOOD realizowanego w latach 2014-2016 było znalezienie rozwiązań pełnego zagospodarowania surowców roślinnych poprzez wykorzystanie produktów odpadowych, zawierających związki biologicznie czynne, które mogą znaleźć zastosowanie w wytwarzaniu żywności nowego typu. W ramach badań w ośrodkach naukowych partnerów projektu opracowano metody odzyskiwania tych składników.

Drugim ważnym zagadnieniem było opracowanie technologii wytwarzania produktów z uwzględnieniem zastosowania tych związków. Znaczenie badań w tym zakresie było też związane z dążeniem producentów do sprostania wymaganiom konsumentów, którzy w większym stopniu zwracają uwagę na jakość spożywanej żywności, jak najmniej przetworzonej, zawierającej składniki bioaktywne. Analizując literaturę powyższej tematyki [5] zaobserwowano zwiększone zainteresowanie wykorzystaniem ubocznych produktów roślinnych w celu ekstrakcji związków o wysokiej wartości.

**Głównym celem** projektu było określenie możliwości zagospodarowania wyłoków jagodowych. W zakresie badań ujęto opracowanie innowacyjnych technologii sprzyjających ochronie środowiska (rys. 1, 2). Uwzględniono następujące procesy: dobór parametrów ekstrakcji nadkrytycznej wyłoków owoców jagodowych, dobór metod i parametrów stabilizacji pozyskanych ekstraktów, a także dobór parametrów odwadniania osmotycznego i różnych metod suszenia oraz wzbogacania owoców (jabłek, truskawek, gruszek) z zastosowaniem pozyskanych ekstraktów, inuliny oraz koncentratu soku z aronii.

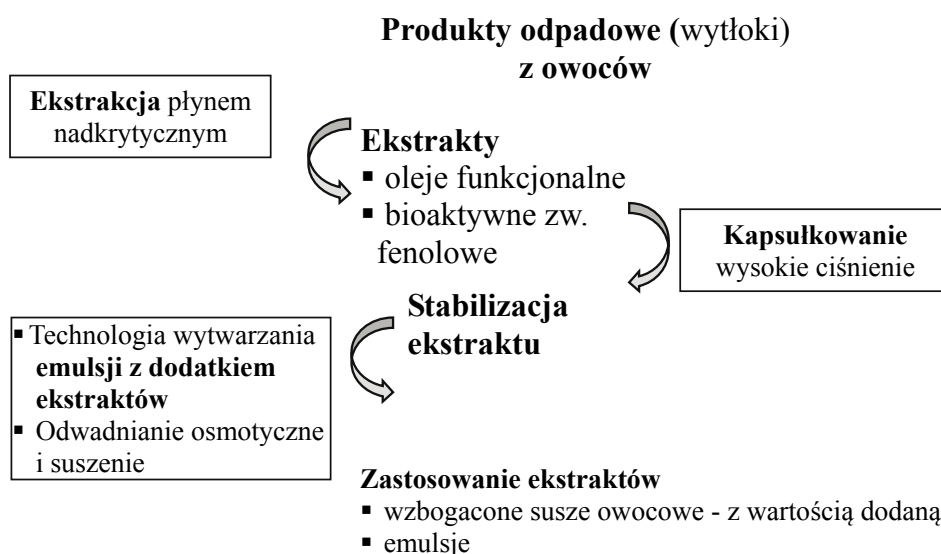
W projekcie badano różne warunki procesu w celu optymalizacji i dopasowywania parametrów ekstrakcji związków fenolowych i bioaktywnych olejków z produktów ubocznych powstałych po przetwarzaniu owoców.

Podejmowano próby stabilizacji ekstraktów w postaci emulsji lub proszku. Stabilność ekstraktów pozwoli przechowywać je w temperaturze otoczenia bez utraty właściwości bioaktywnych. Ekstrakty były wykorzystywane do otrzymania produktów spożywczych o właściwościach prozdrowotnych, poprzez wzbogacanie suszy owocowych w składniki bioaktywne, a w zadaniu innego partnera projektu do wytwarzania emulsji. Aby osiągnąć niskie wykorzystanie energii w sposób zrównoważony, zaplanowano zastosowanie odpowiednio niskich temperatur emulgowania, odwadniania osmotycznego i suszenia. Celem tej części eksperymentu było obniżenie zużycia energii w czasie przechowywania, a także zminimalizowanie strat bioaktywnej funkcjonalności produktów.

Ekstrakcja płynów w stanie nadkrytycznym zaliczana jest do tzw. zielonych technologii, ponieważ nie wymaga stosowania rozpuszczalników organicznych.

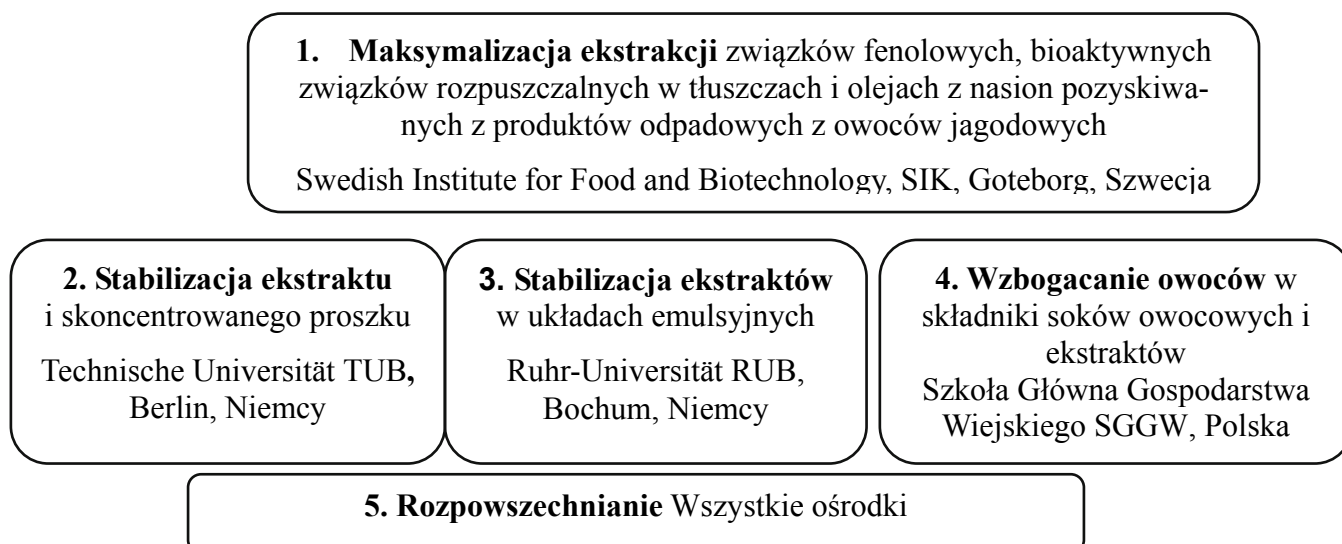
Zakres projektu obejmował zbadanie nowych kierunków wytwarzania prozdrowotnych produktów spożywczych poprzez:

- optymalizację ekstrakcji związków fenolowych i innych bioaktywnych związków rozpuszczalnych w tłuszczach i oleju z nasion jako produktów odpadowych z przetwórstwa jagód, wykorzystując ekstrakcję nadkrytyczną w połączeniu z pulsującym polem elektrycznym lub obróbką wstępną przy użyciu ultradźwięków,
- stabilizację ekstraktów w postaci proszku z zastosowaniem innowacyjnych technologii wytwarzania skoncentrowanych proszków,
- rozwój nowych emulsji spożywczych o wartości dodanej, opartych o produkty najwyższej jakości przy wykorzystaniu bioaktywnych ekstraktów, z zastosowaniem nietermicznej technologii produkcji emulsji,
- opracowanie nowych suszy owocowych wysokiej jakości o wartości dodanej przy użyciu ekstraktów o właściwościach bioaktywnych stosowanych do odwadniania osmotycznego,
- przeniesienie wiedzy ze środowiska naukowego do przemysłowego.



**Rys. 1. Schemat koncepcji realizacji projektu.**  
**Fig. 1. Scheme of the conception of the project.**

**Źródło:** Opracowanie własne  
**Source:** Own study



**Rys. 2. Schemat zadań partnerów projektu.**  
**Fig. 2. Scheme of the tasks of the project partners.**

**Źródło:** Opracowanie własne

**Source:** Own study

Stronami zainteresowanymi tego projektu są: producenci żywności, którzy wykorzystują owoce jako surowiec do produkcji soków, producenci wytwarzający wyroby na bazie emulsji o niskiej zawartości tłuszczu, np. zupy, koktajle, a także producenci żywności wykorzystujący suszone owoce do wytwarzania innych produktów (płatków śniadaniowych, jogurtów, lodów).

## MATERIAŁ I METODY

W ramach badań realizowanych na Wydziale Nauk o Żywności (SGGW) surowcami do badań były wybrane owoce, takie jak jabłka odmiany *Gala* i *Braeburn*, truskawki odmiany *Honeoye* i gruszki odmiany *Konferencja* i *Lukasówka*, których uprawy krajowe są znaczące i dlatego mogą być zagospodarowane do produkcji suszy, zwłaszcza w zrównoważonej produkcji żywności oraz potrzebie otrzymania produktów rynkowych o istotnych właściwościach prozdrowotnych.

Jabłka i gruszki do czasu rozpoczęcia badań przechowywane były w chłodni w temperaturze 5-8°C. Przygotowując je do badań pozbawiano komór nasiennych, cięto na plastry i wykrawano walce o średnicy 1,5 cm i wysokości 1 cm. Ze względu na krótki okres wegetacji, truskawki mrożono. Do odwadniania osmotycznego użyto truskawki bez rozdrabniania w stanie częściowo rozmrożonym przetrzymywane w temperaturze pokojowej przez około 10 min. W późniejszym etapie zdecydowano o użyciu truskawek przepołowionych. Brak etapu całkowitego rozmrażania był szczególnie istotny ze względu na ograniczenie zmian struktury tkanki owoców, jakie następują podczas tradycyjnego rozmrażania.

W ramach opracowania metodyki badań i ustalenia parametrów odwadniania osmotycznego wykonano badania wstępne dotyczące różnego składu i stężenia roztworów osmotycznych, temperatury i czasu odwadniania. Początkowo założono zastosowanie roztworów osmotycznych o stężeniu 30, 45 i 60%. W kolejnych etapach zastosowano wyższe stężenia, tj. 70%. Ustalając zwiększanie stężenia roztworów

osmotycznych oparto się na badaniach realizowanych w ramach pracy, która została wykonana w zakładzie produkcyjnym w skali laboratoryjnej i przemysłowej. Do odwadniania osmotycznego owoców wykorzystano roztwory osmotyczne sacharozy i inuliny, mieszaninę tych dwóch substancji, a także mieszaninę sacharozy z koncentratem soku z aronii oraz inuliny z tym koncentratem w stosunku 1:1. W innych badaniach stosowano mniejszy dodatek koncentratu soku z aronii w zakresie 1-15%. Temperatura odwadniania wynosiła 30 i 50°C, a stosunek masy owoców do masy roztworu osmotycznego 1:2 lub 1:4. Czas odwadniania mieścił się w zakresie od 15 do 360 min oraz dodatkowo 1440 min i posłużył do opisu kinetyki zmian wskaźników wymiany masy oraz szybkości procesu. Badania wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach.

Na podstawie badań przeprowadzonych w etapie pierwszym ustalono następujące parametry odwadniania osmotycznego owoców: roztwory substancji osmotycznych (sacharoza, inulina, koncentrat soku z aronii) o stężeniu w zakresie 50-70%, czas odwadniania 120 min i 24 h, temperatura 50°C. Zastosowano również dodatek etanolowego ekstraktu z wyłoków owoców jagodowych o stężeniu 80%, co było efektem badań partnera projektu z ośrodka naukowego w Szwecji. Wstępnie odwodnione owoce suszono dwoma sposobami:

- dwuetapowo, stosując suszenie konwekcyjnie a następnie mikrofalowe z zastosowaniem obniżonego ciśnienia, zwane również techniką hybrydową z tzw. efektem „puffingu”,
- liofilizacyjnie.

W metodzie dwuetapowej (konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowej) odwodnione owoce najpierw suszono w suszarce konwekcyjnej przez 2-5 h w temperaturze 50°C. Następnie dosuszano je w suszarce mikrofalowo-próżniowej przez 40-180 s pod ciśnieniem 35 hPa w temperaturze nie przekraczającej 70°C oraz stabilizowano przez 180 s w celu nadania efektu „puffingu”. Przed suszeniem liofilizacyjnym próbki

zamrażano w tzw. suszarce szokowej w temperaturze  $-40^{\circ}\text{C}$  przez około 120 min, a następnie suszono sublimacyjnie w temperaturze płyty grzejnej  $25^{\circ}\text{C}$  przy ciśnieniu w komorze suszenia 100 Pa.

W otrzymanych próbkach oznaczano zmiany wybranych wskaźników wymiany masy (zawartość wody, przyrost masy suchej substancji, aktywność wody). W końcowym etapie wykonano oznaczenia dotyczące zmian właściwości fizycznych i składu chemicznego.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Odwadnianie osmotyczne można zaliczyć do procesów zrównoważonego przetwarzania [2]. W trakcie odwadniania osmotycznego następuje znaczące usunięcie wody z surowców, ale w sposób łagodny, bez przemiany fazowej. Podczas tego procesu można także wzbogacić tkankę roślinną w bioskładniki. Poza oznaczeniem chemicznym obserwowane jest to na podstawie przyrostu masy suchej substancji, a także barwy owoców odwadnianych. Stosując odpowiednie sposoby dosuszania odwadnianych owoców uzyskuje się przekąski o wysokiej wartości odżywczej i sensorycznej.

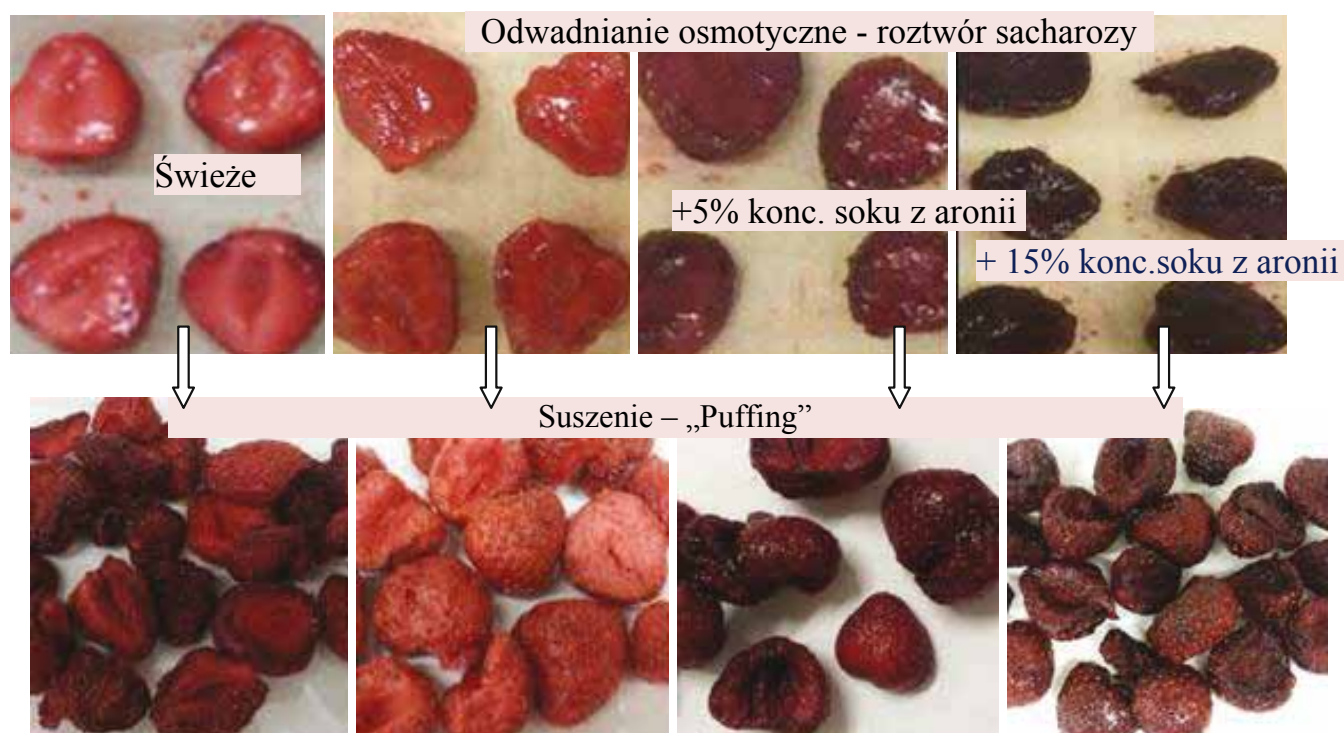
### Odwadnianie osmotyczne i wzbogacanie w składniki naturalne

W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że w całym zakresie czasu odwadniania osmotycznego następował systematyczny ubytek wody (WL) z jablek. Wydłużenie czasu odwadniania jablek z 30 do 120 minut spowodowało wzrost wartości WL średnio o 63% dla jablek odwadnianych w roztworze sacharozy oraz o 44% dla jablek odwadnianych

w roztworze sacharozy z dodatkiem koncentratu soku z aronii. Osiągnięte różnice były istotne statystycznie. Wzrost temperatury procesu z  $40$  do  $50^{\circ}\text{C}$  spowodował wzrost wartości WL średnio o 42-49% w przypadku obu wariantów odwadniania. Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ temperatury na otrzymane wartości, natomiast nieistotny statystycznie okazał się wpływ zastosowanej substancji osmotycznej. Jabłka odmiany *Gala* odwadniane w roztworach sacharozy z dodatkiem koncentratu z aronii lub bez wykazały ubytek wody na porównywalnym poziomie, bo po 2 h procesu średnie jego wartości wynosiły ok. 2,6-3,0 g  $\text{H}_2\text{O}/\text{g}$  p.s.s. Dodatek koncentratu spowodował spadek wartości ubytku wody w jablekach odmiany *Gala* o około 13%, natomiast w przypadku jablek odmiany *Braeburn* wartości nieznacznie wzrosły o 4-7%.

W przypadku truskawek najkorzystniejszy efekt odwadniania osmotycznego, ze względu na największy ubytek wody oraz największy przyrost masy suchej substancji w owocach zaobserwowano w przypadku odwadniania truskawek w roztworze sacharozy z inuliną. Zastosowanie roztworu sacharozy z koncentratem soku z aronii lub z inuliną dało porównywalne wyniki dotyczące wybranych wskaźników wymiany masy w odwadnianych owocach.

Wartości wskaźników wymiany masy truskawek w największym stopniu zależały od czasu odwadniania. Analizując badany przedział czasu odwadniania osmotycznego owoców stwierdzono, że do 120 min proces zachodził intensywnie, a po dłuższym czasie zanikał dążąc do równowagi pomiędzy stężeniem soku komórkowego owoców i otaczającego roztworu osmotycznego. Uznano, że 120 min jest optymalnym czasem odwadniania truskawek. Podchodząc do



Rys. 3. Wpływ dodatku koncentratu soku z aronii na wybrane cechy jakościowe odwadnianych osmotycznie i suszonych truskawek.

Fig. 3. Effect of chokeberry juice concentrate on quality properties of osmotic dehydration and dried strawberries.

Źródło: Fotografie i opracowanie własne

Source: The pictures and own study

praktycznych rozwiązań technologicznych postanowiono zastosować również odwadnianie osmotyczne owoców trwające 24 h. W tym przypadku owoce, zwłaszcza truskawki charakteryzowały się wysoką jakością. Zarówno kształtem jak i barwą zbliżone były do owoców surowych. Dodatkowo odznaczały się charakterystycznym połyskiem (rys. 3). Świadczyło to o znaczącym wniknięciu substancji osmotycznej do owoców (typowy efekt kandyzacji), ale też pozwoliło w większym stopniu wzbogacić tkankę w bioskładniki.

Równoległe do ubytku wody z jabłek następował przyrost masy suchej substancji (SG). Zarówno wydłużenie czasu trwania procesu, wzrost temperatury, jak również zastosowana substancja osmotyczna w wielu przypadkach okazały się nieistotne statystycznie, a ich wpływ był niejednoznaczny. Wydłużenie czasu trwania procesu w przypadku odwadniania owoców w roztworze sacharozy w temperaturze 40°C spowodowało wzrost wartości SG średnio o 41-77%, natomiast w przypadku dodatku koncentratu z aronii do roztworu sacharozy, odnotowano spadek wartości SG o około 27% oraz około 3-krotny wzrost przy zastosowaniu temperatury 50°C.

Zastosowanie ultradźwięków podczas wstępnej obróbki osmotycznej jabłek odmiany *Braeburn* nie wpłynęło znacząco na otrzymane wartości ubytku wody, natomiast przyczyniło się do zwiększenia wartości SG średnio o 55%.

Korzystny wpływ ultradźwięków na spadek zredukowanej odwadnianiem osmotycznym zawartości wody odnotowano w przypadku odwadniania w temperaturze 40°C. Otrzymane wartości tego wskaźnika były o 3-23% niższe w porównaniu do wartości dla próbek nie poddanych działaniu ultradźwięków. Największy przyrost masy suchej substancji (SG), niezależnie od zastosowanego roztworu osmotycznego, wykazano po 360 min. W porównaniu do owoców odwadnianych przez 120 min był większy nawet kilkakrotnie. Stwierdzono jednak, że wskaźnik SG truskawek nierozdrabnianych był stosunkowo niewielki, zwłaszcza po krótkotrwałym odwadnianiu. Wynikało to prawdopodobnie z ochronnego działania skórki owoców, która w znaczącym stopniu ograniczała wnikanie substancji osmotycznej do ich wnętrza. Dlatego do kolejnych badań wykorzystano truskawki przepołowione.

Temperatura procesu miała również istotny wpływ na wybrane wskaźniki wymiany masy podczas odwadniania truskawek. Podwyższenie jej skutkowało wzrostem tych wskaźników. Po 120 min odwadniania truskawek w różnych roztworach osmotycznych ubytek wody w temperaturze 50°C był większy o 18-45%, a w przypadku przyrostu masy suchej substancji nie stwierdzono istotnego wpływu temperatury na ten wskaźnik. W rezultacie wykazano, że temperatura 50°C jest optymalna i może być zastosowana w kolejnych etapach badań. Jednocześnie nie wykazano potrzeby podwyższenia temperatury procesu ze względu na negatywne działanie na składniki bioaktywne zawarte w koncentracie soku z aronii jak i możliwości degradacji inuliny.

Analiza stosunku szybkości ubytku wody do szybkości przyrostu masy suchej substancji truskawek wykazała, że podczas odwadniania następowało głównie usuwanie wody, zaś wnikanie substancji osmotycznej było ograniczone. W rezultacie, przykładowo w przypadku truskawek, zawartość ekstraktu po odwadnianiu przez 120 min w przypadku

zastosowania większości roztworów, osiągała wartości około dwukrotnie większe w porównaniu z mrożonym surowcem, tj. niespełna 20° Brix. Tylko w przypadku zastosowania roztworu sacharozy z inuliną i temperatury 50°C zawartość ekstraktu była około 3-krotnie większa niż truskawek przed odwadnianiem i sięgała 30° Brix. Największe wartości, w niektórych przypadkach, sięgające 40° Brix uzyskano po 360 min trwania procesu. Natomiast odwadnianie osmotyczne prowadzone przez 24 h wpływało na uzyskanie stężenia ekstraktu w owocach na poziomie przekraczającym 60° Brix. Taki sposób odwadniania osmotycznego spowodował uzyskanie atrakcyjnych produktów (rys. 3), które charakteryzowały się brakiem skurczu, były delikatne, a zarazem sprężyste, zbliżone wyglądem do owoców surowych.

W zadaniu 1 osiągnięto planowane rezultaty:

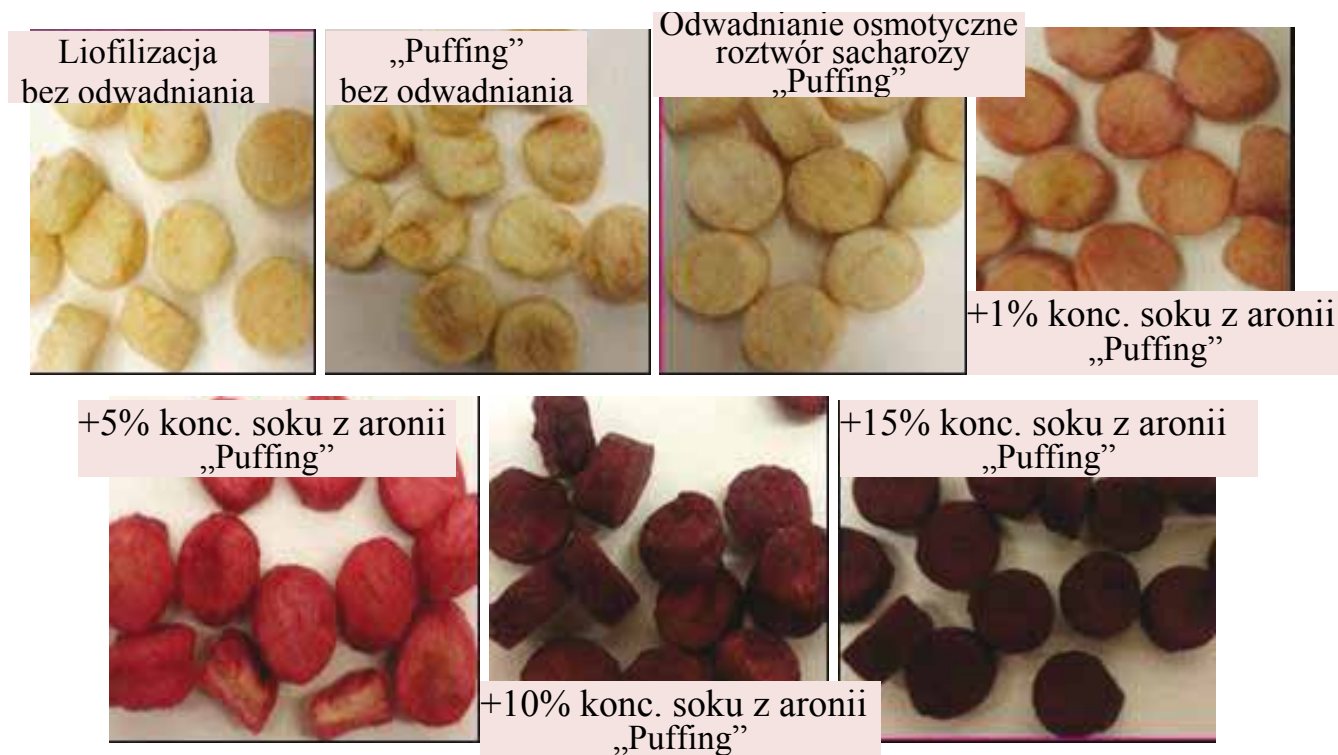
- otrzymano odwodnione osmotycznie owoce jako półprodukty lub produkty końcowe o obniżonej zawartości i aktywności wody,
- określono stopień wymiany masy podczas odwadniania osmotycznego owoców,
- określono optymalne parametry odwadniania osmotycznego warunkujące otrzymanie produktu wysokiej jakości. Kontynuowano wykorzystanie roztworów sacharozy oraz sacharozy z dodatkiem koncentratu soku z aronii, a w zadaniu końcowym, również z dodatkiem ekstraktu uzyskanego z wycisków owoców jagodowych.

### Suszenie liofilizacyjne i konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowe

W przypadku jabłek wykazano istotny wpływ metody suszenia na zawartość wody w suszu. Jabłka liofilizowane charakteryzowały się znacznie niższą zawartością wody (od 2,6 do 3,8%) niż susze uzyskane metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową (od 10,7 do 12,9%). Nie odnotowano natomiast istotnego wpływu rodzaju stosowanego roztworu osmotycznego i metody suszenia na zawartość wody w suszach z truskawek. Stwierdzono też, iż próbki kontrolne (bez stosowania odwadniania osmotycznego przed suszeniem) wykazywały wyższą zawartość wody niż te, które poddawano wstępnemu odwadnianiu.

Wstępna obróbka osmotyczna jabłek nie wpłynęła istotnie na aktywność wody w suszach. Wszystkie analizowane próbki charakteryzowały się niską aktywnością wody od 0,38 do 0,5 w suszach odwadnianych osmotycznie, a następnie suszonych metodą dwuetapową oraz 0,16-0,27 w suszach odwadnianych i suszonych liofilizacyjnie, co może wskazywać na ich trwałość podczas przechowywania. Nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu czasu, temperatury oraz substancji osmotycznej na otrzymane wartości aktywności wody. W przypadku zastosowania ultradźwięków podczas wstępnego odwadniania osmotycznego, niektóre susze charakteryzowały się nieznacznie niższą aktywnością wody w porównaniu z innymi próbkami.

Na uwagę zasługuje fakt, że niezależnie od stosowanej obróbki osmotycznej opracowano sposób suszenia polegający głównie na krótkim suszeniu konwekcyjnym do 2 h oraz dosuszeniu mikrofalowo-próżniowym trwającym kilka minut. W rezultacie w oparciu o badania wstępne wyznaczono inne parametry suszenia mikrofalowo-próżniowego dla jabłek



**Rys. 4. Wpływ dodatku koncentratu soku z aronii do roztworu sacharozy na jakość odwadnianych osmotycznie i suszonych jabłek.**

**Fig. 4. Effect of chokeberry juice concentrate on quality properties of osmotic dehydration and dried apples.**

**Źródło:** Fotografie i opracowanie własne

**Source:** The pictures and own study

oraz inne dla truskawek. W przypadku owoców odwadnianych przez 24 h obniżono temperaturę dosuszania mikrofalowo-próżniowego do 55°C. W trakcie dostosowywania parametrów dosuszania owoców zwracano uwagę na wysoki stopień usunięcia wody oraz brak oznak przypalenia, również wewnątrz próbek. Uzyskano produkt o pożądanych cechach (wskaźnikach) jakościowych. Jego istotną cechą była przede wszystkim chrupkość. Susze odznaczały się też atrakcyjnym wyglądem ze względu na efekt „puffingu” oraz barwą (rys. 4).

Stwierdzono, że w porównaniu do liofilizatów susze te odznaczały się lepszymi właściwościami, głównie ze względu na mniejszą higroskopijność.

Analizując czas suszenia liofilizacyjnego można stwierdzić, że opracowana metoda konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowa była zdecydowanie krótsza, a w konsekwencji można spodziewać się znacznie niższych kosztów wytwarzania suszy.

Suszenie wpływa na straty składników labilnych zawartych w surowcu, jak również pogorszenie ich cech jakościowych [1, 4]. Straty składników oraz cechy suszu zależą od rodzaju wykorzystywanej metody suszenia, a przede wszystkim zastosowanych parametrów, głównie temperatury i czasu. Liczne publikacje potwierdzają pozytywny wpływ odwadniania na właściwości sensoryczne i fizyko-chemiczne żywności [4, 7, 8]. Wprowadzenie cukru z roztworu osmotycznego z żywieniowego punktu widzenia nie jest korzystne. W poprzednim zadaniu wykazano, że koncentrat soku z aronii posiada właściwości typowe dla substancji osmotycznych, jest

on zarazem bogatym źródłem naturalnych przeciwutleniaczy. Zastosowanie go stwarza szanse uzyskania produktu wysokiej jakości o obniżonej zawartości cukrów prostych (w wyniku częściowego zastąpienia sacharozy) oraz wzbogaconego w naturalne składniki.

W przykładowych badaniach wykorzystano truskawki mrożone odmiany *Honeoye*. Poddano je odwadnianiu w roztworze sacharozy, inuliny, a także mieszaniny sacharozy i inuliny (1:1), sacharozy i koncentratu z aronii (1:1) lub koncentratu z aronii i inuliny (1:4). Proces prowadzono w temperaturze 50°C przez 60 min. Owoce poddano procesowi suszenia konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowego lub liofilizacji. Suszenie konwekcyjne prowadzono w temperaturze 60°C przez 120 min. Następnie próbki dosuszano w suszarce mikrofalowo-próżniowej w temperaturze nie przekraczającej 60°C. W drugiej metodzie przed liofilizacją truskawki zostały zamrożone w temperaturze -40°C przez około 120 min, a następnie poddane suszeniu w temperaturze 25°C, przy ciśnieniu w komorze suszenia 100 Pa przez 24h.

Wykazano, że truskawki poddane odwadnianiu osmotycznemu, a następnie liofilizacji charakteryzowały się wyższą zawartością polifenoli w porównaniu do próbek suszonych metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową. Różnice te mogły wynikać z zastosowania niższej temperatury suszenia w przypadku liofilizacji. Natomiast zdolność do wiązania rodników DPPH• była zróżnicowana w zależności od obróbki technologicznej oraz rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego i wahała się od 55% w truskawkach świeżych do 88,02% w suszach z truskawek odwadnianych

w roztworze inuliny oraz suszonych konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowo. Jednocześnie wykazano tendencję do wyższej aktywności przeciwutleniającej w przypadku produktów odwadnianych i poddanych suszeniu konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowemu w porównaniu do suszenia liofilizacyjnego.

Uzyskane wyniki wskazują na możliwości zastosowania w procesie odwadniania osmotycznego inuliny oraz koncentratu soku z aronii, w celu wzbogacenia produktu w składniki korzystnie wpływające na organizm człowieka, takie jak polifenole lub prebiotyki (inulina).

### **Właściwości suszy wstępnie odwadnianych osmotycznie**

W owocach odwadnianych osmotycznie w roztworach wzbogaconych w koncentrat soku z aronii lub ekstraktu pochodzącego z wyłoków owocowych wymiana masy zachodziła podobnie jak przy zastosowaniu innych typowych substancji osmotycznych.

W owocach odwadnianych osmotycznie i suszonych wykazano istotny wpływ metody suszenia na zawartość wody w suszu. Susze z jabłek i truskawek wytwarzane metodą liofilizacji charakteryzowały się znacznie niższą (około 3-krotnie) zawartością wody niż susze uzyskane metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową. Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju stosowanego roztworu osmotycznego i metody suszenia na zawartość wody w suszach.

Wszystkie susze charakteryzowały się aktywnością wody poniżej 0,50, co może wskazywać na ich trwałość podczas przechowywania, przy zachowaniu odpowiednich warunków.

Zastosowanie wstępnej obróbki osmotycznej i suszenia metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową pozwoliło uzyskać produkt o oczekiwanych cechach jakościowych, zbliżonych do suszy otrzymanych metodą liofilizacyjną. Dodatkowo metoda dwuetapowa była skrócona do 1-2 h i służyła głównie powierzchniowemu obsuszeniu odwadnianych wcześniej owoców.

Wykazano, że długi czas odwadniania owoców (24 h) pozwolił na obniżenie temperatury, w której uzyskiwano efekt „puffingu” podczas mikrofalowo-próżniowego dosuszania do około 55°C. W trakcie dostosowywania parametrów dosuszania owoców zwracano uwagę na wysoki stopień usunięcia wody oraz brak oznak przypalenia próbek. Uzyskano produkt wysokiej jakości. Jego istotną cechą była przede wszystkim chrupkość i atrakcyjny wygląd związany z efektem „puffingu” oraz zabarwieniem pochodzącym od substancji wzbogacających.

Badania dotyczące składu chemicznego suszy otrzymanych tą metodą wykazały mniejszą degradację bioskładników w porównaniu z suszem otrzymanym metodą liofilizacyjną, co opisano w dalszej części pracy.

Podobnie jak w poprzednim zadaniu wykazano, że owoce poddane odwadnianiu osmotycznemu, a następnie liofilizacji charakteryzowały się wyższą zawartością polifenoli w porównaniu do próbek suszonych metodą konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową. Zdolność do wiązania rodników DPPH• była natomiast zróżnicowana w zależności od obróbki technologicznej oraz rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego. Wykazano tendencję do wyższej aktywności przeciwutleniającej w przypadku produktów odwadnianych i poddanych suszeniu konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowemu w porównaniu z suszonymi liofilizacyjnie.

Uzyskane wyniki wskazują na możliwości zastosowania w procesie odwadniania osmotycznego koncentratu soku z aronii oraz ekstraktu z wyłoków owoców jagodowych w celu wzbogacenia produktu w składniki korzystnie wpływające na organizm człowieka.

Susze otrzymane w wyniku wstępnego odwadniania osmotycznego przy optymalnie dobranych parametrach suszenia konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowego odznaczają się zachowaniem korzystnych cech organoleptycznych oraz zdrowotnych i mogą stanowić alternatywę dla przekąsek oraz dodatków w procesach przetwórczych.

Obok odwadniania osmotycznego owoców w roztworze sacharozy lub koncentratu soku z aronii, również dodatek ekstraktu z jagód okazał się przydatny w opracowaniu atrakcyjnych produktów wzbogacanych w naturalne związki aktywne biologicznie.

## **EFEKT WZBOGACANIA SUSZY**

Celem tej części badań było określenie warunków odwadniania i suszenia prowadzących do opracowania parametrów wytwarzania półproduktów (tzw. produktów miękkich) o obniżonej zawartości wody oraz suszy wysokiej jakości pod względem właściwości fizycznych i wysokiej zawartości składników prozdrowotnych.

Zmiany wskaźników wymiany masy podczas wstępnego odwadniania osmotycznego i dosuszania oraz zmiany struktury tkanki owoców miały zasadniczy wpływ na właściwości fizyczne i chemiczne produktów.

W celu określenia przydatności koncentratu soku z aronii i ekstraktu uzyskanego z wyłoków owoców jagodowych jako substancji osmotycznych, a także uzyskania suszy owocowych wysokiej jakości, równolegle prowadzono badania z zastosowaniem roztworu sacharozy. Odwadnianie osmotyczne prowadzono w roztworach o stężeniu w zakresie 60-70°Brix i temperaturze 30-60°C przez 120 i 240 min.

Niezależnie od zastosowanego roztworu odwadnianie osmotyczne owoców wpłynęło na zauważalną zmianę barwy jabłek i truskawek odwadnianych, jak i suszonych w porównaniu do surowca. Wykazano istotny wpływ rodzaju roztworu na jasność barwy odwadnianych owoców. Wielu respondentów negatywnie oceniło zbyt ciemną barwę suszy odwadnianych wstępnie w roztworze sacharozy z dodatkiem koncentratu aronii w ilości 15% lub większym. Ocena sensoryczna wykazała, że zastosowanie ekstraktu z wyłoków do wstępnego odwadniania osmotycznego było powodem znacząco niższej oceny suszy, zwłaszcza pod względem smaku, zapachu i jakości ogólnej.

Proces odwadniania osmotycznego owoców prowadzony w roztworze sacharozy z dodatkiem koncentratu soku z aronii, oprócz obniżenia zawartości wody, spowodował wzbogacenie ich w polifenole, antocyjany i flawonoidy. Przekładowo w odwadnianych jabłkach, przy zastosowaniu 15% dodatku koncentratu soku z aronii oznaczono około 1500 mg kw. GAE/100 g s.s. (zawartość polifenoli ogółem), około 10007 mg 3-O-β-D glukozydu cyjanidyny/100g s.s. (zawartość antocyjanów) oraz 29 mg kwercetyny/g s.s. (zawartość flawonoidów). Mniejsza była też aktywność przeciwutleniająca (DPPH 50 i ABTS 50); odpowiednio 0,085 i 0,054 w jabłkach odwadnianych w roztworze sacharozy z 15%

dotąd koncentratu oraz 0,115 i 0,090 - z dodatkiem ekstraktu. Zastosowanie ekstraktu z owoców jagodowych było również znaczące. Uzyskano bowiem 865 mg kw. GAE/100 g s.s., około 186 mg 3-O-β-D glukozydu cyjanidyny/100g oraz 1,0 mg kwercetyny/g s.s. Najwyższą zawartość polifenoli odnotowano w próbkach owoców odwodnionych w temperaturze 45°C przez 240 minut. Inaczej było przy zastosowaniu roztworu sacharozy. Następowo zmniejszenie zawartości polifenoli o 30-70%, tym większe im wyższa była temperatura odwadniania osmotycznego i proces trwał dłużej, co wiązało się z przepływem tych składników z wodą usuwaną do roztworu osmotycznego. Natomiast suszenie metodą liofilizacji lub metodą kombinowaną z efektem „puffingu” pozwoliło uzyskać produkt charakteryzujący się nawet kilkakrotnie większą zawartością polifenoli (od 998 do 1100 mg kw. GAE/100 g s.s.) i antocyjanów (od 470 do 910 mg 3-O-β-D glukozydu cyjanidyny/100g) niż w surowcu. Zastosowanie wstępnej obróbki osmotycznej skutkowało uzyskaniem większej zawartości flawonoidów w badanych suszach niż w przypadku pominięcia tego procesu. Susze jabłek po wstępnym 2-godzinnym odwadnianiu wykazywały największą zawartość flawonoidów; w przypadku odwadniania w roztworze sacharozy zawierały 4-6,2 mg kwercetyny/g s.s., a z dodatkiem soku aroniowego 7,9-9,8 mg kwercetyny/g s.s. Wydłużenie czasu wstępnego odwadniania powodowało spadek zawartości tych substancji o ponad 50%.

Zdolność do zmiatania rodników DPPH• była zróżnicowana w zależności od obróbki technologicznej oraz rodzaju zastosowanego roztworu osmotycznego. Przykładowo w przypadku truskawek wahała się od 55% w truskawkach świeżych do 88% w owocach odwadnianych w roztworze inuliny oraz suszonych mikrofalowo-konwekcyjnie. Wykazano tendencję do wyższej aktywności przeciwutleniającej w przypadku produktów odwadnianych i poddanych suszeniu mikrofalowo-konwekcyjnemu lub konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowemu w porównaniu do liofilizatów.

Obecność substancji wzbogacających w roztworach osmotycznych wpłynęła w sposób zróżnicowany na zawartość cukrów ogółem. W kontrolnych suszach z jabłek (nie odwadnianych) cukry ogółem stanowiły około 11 (metoda „puffingu”) i 15% (liofilizacja). Suszenie liofilizacyjne próbek odwadnianych wstępnie przez 120 min nie wpłynęło istotnie na zmiany cukrów ogółem, ich zawartość pozostała na tym samym poziomie. Natomiast 24-godzinne odwadnianie przed liofilizacją oraz, niezależnie od czasu wstępnego odwadniania, suszenie z efektem „puffingu” powodowało nawet 3-4-krotne zwiększenie zawartości cukrów ogółem. Częściowe zastąpienie sacharozy koncentratem soku z aronii pozwoliło ograniczyć zawartość cukrów ogółem o 10-20%. W nieznacznie większym stopniu efekt ten był widoczny przy zastosowaniu ekstraktu z wyłoków. Udział sacharozy, glukozy i fruktozy w suszach kontrolnych otrzymanych metodą kombinowaną i liofilizacji wynosił odpowiednio 1,0 i 2,0% (sacharoza), 3,5 i 4,0% (glukoza) oraz 7,0 i 9,5% (fruktoza). Krótszy czas odwadniania w przypadku suszy liofilizowanych wpłynął na mniejszą zawartość sacharozy, glukozy i fruktozy w suszach. W porównaniu do próbek kontrolnych (1-2%) procentowy udział sacharozy w suszu z jabłek sięgał 32%, natomiast dodatek koncentratu aronii do roztworu sacharozy spowodował, że jej udział w próbkach suszu był mniejszy o około 30%

w porównaniu z odwadnianiem w roztworze sacharozy bez koncentratu. Udział glukozy i fruktozy był na porównywalnym poziomie, przy czym krótszy czas odwadniania przed liofilizacją, powodował mniejszy udział glukozy w suszach, a w przypadku fruktozy efekt był odwrotny.

Aktywność wody jest jednym z czynników determinujących trwałość produktów spożywczych. Odwadnianie osmotyczne pozwoliło obniżyć aktywność wody nawet do około 0,89. Suszenie wpłynęło na jej dalsze obniżenie do wartości poniżej 0,37, dzięki czemu otrzymane susze nie są sprzyjającym środowiskiem do rozwoju i wzrostu drobnoustrojów.

Właściwości mechaniczne suszy z jabłek i truskawek analizowane na podstawie maksymalnej siły ściskania oraz wykonanej pracy w teście ściskania próbek wskazały na istotną zależność od warunków odwadniania osmotycznego (medium, czas) i doboru metody suszenia. Przekąski owocowe przy dwugodzinnym odwadnianiu i suszeniu metodą kombinowaną w większości przypadków charakteryzowały się większą wytrzymałością niż te otrzymane przy dłuższym trwaniu obróbki poprzedzającej suszenie. Stwierdzono odwrotną zależność w próbach liofilizowanych, gdzie wydłużenie procesu odwadniania skutkowało poprawą wytrzymałości mechanicznych. Większa wartość siły maksymalnej wiązała się z większą twardością suszy. Najniższą wytrzymałością mechaniczną charakteryzował się na ogół materiał otrzymany na drodze liofilizacji po uprzednim dwugodzinnym odwadnianiu. W przypadku gruszek sposoby suszenia znacząco wpłynęły na właściwości akustyczne, mechaniczne i właściwości sensoryczne suszy. Metody te mogą być zalecane, aby uzyskać suszone owoce o twardej i chrupiącej strukturze. Deskryptory EA (energia jednego zdarzenia akustycznego, liczba zdarzeń akustycznych, amplituda) suszonych gruszek różnymi metodami były skorelowane dodatnio z twardością i kruchością.

Susze liofilizowane z jabłek wykazywały nieznacznie większy przyrost masy niż w przypadku próbek suszonych konwekcyjnie-mikrofalowo-próżniowo. Truskawki liofilizowane charakteryzowały się 2-3 razy większą zdolnością absorpcji wody (wyższy przyrost masy) w porównaniu do suszy otrzymanych przez suszenie z efektem „puffingu”. Sposób suszenia jest zatem jednym z najważniejszych czynników wpływających na zdolność wchłaniania wody, zwłaszcza w przypadku rehydracji suszonych truskawek. Dodatek koncentratu soku aronii do roztworu sacharozy podczas wstępnego odwadniania wpływał na mniejsze zmiany barwy rehydrowanych suszy z truskawek.

Badano również wybrane zmiany fizyczne i chemiczne suszy po przechowywaniu w stałej temperaturze 25, 35 i 45°C przez 12 miesięcy. Przechowywane susze oceniono pozytywnie, ponieważ zmiany masy próbek były znikome. Susze przechowywane przez 12 miesięcy we wszystkich analizowanych warunkach zachowywały stabilność mikrobiologiczną. Wartości aktywności wody w próbkach nie przekraczały wartości 0,35. Sposób suszenia nie miał istotnego wpływu na zawartość wody w suszonych owocach, ale obserwowano wpływ temperatury przechowywania. Najniższą zawartością wody poniżej 1% charakteryzowały się próbki utrwalane metodą osmo-konwekcyjną, które były przechowywane w temperaturze 45°C. Badania wykazały, że najmniej korzystne jest przechowywanie owoców w temperaturze pokojowej (25°C).



Użyte wyniki pozwalają stwierdzić, że koncentrat soku z aronii może być wykorzystywany jako substancja osmotyczna do skutecznego usuwania wody, a także do nadania atrakcyjnej barwy, smaku, struktury i wartości odżywczych owocom suszonym.

Otrzymane susze mogą stanowić alternatywę dla przekąsek oraz być dodawane w procesach przetwórczych, np. jako wsad owocowy w jogurtach. Zastosowane metody suszenia przy ustalonych parametrach nie powodują istotnej degradacji składników przeciwutleniających, co pozwala na uzyskanie produktu nie tylko atrakcyjnego sensorycznie, ale również zawierającego składniki bioaktywne.

## PODSUMOWANIE

Walory owoców szeroko dostępnych na rynku polskim, są wciąż niedoceniane. W przetwórstwie surowców roślinnych owoce mogą zostać użyte do wytwarzania nowych produktów (przekąsek) i stanowić źródło naturalnych substancji wzbogacających. Do wzbogacania w składniki bioaktywne mogą być wykorzystywane soki owocowe, koncentraty owocowe, a także ekstrakty produktów odpadowych (wytloki).

Wiele czynników może powodować nagle zmiany popytu konsumpcyjnego, m.in. ekstrema pogodowe, odwołane imprezy, nowe informacje, np. o wpływie żywności na zdrowie ludzi. Zrównoważony rozwój wymaga znacznie więcej niż zobowiązanie do równoważenia popytu i podaży, ponieważ wiele z tych czynników jest trudnych do przewidzenia, kontroli lub uniknięcia. Konieczne jest poznanie możliwości zagospodarowania dodatkowych zapasów żywności oraz odpadów [10]. Stosowanie czystych technologii zwiększa bezpieczeństwo i jakość produktu, jak również zmniejsza zapotrzebowanie na energię i oddziaływanie przemysłu spożywczego na środowisko.

Popularność żywności jak najmniej przetworzonej stale rośnie. Konsumenci oczekują produktów zachowujących naturalne cechy surowców, bez chemicznych konserwantów, barwników, czy aromatów. Podczas przetwarzania owoców, m.in. w procesie obróbki cieplnej, większość składników termolabilnych ulega rozkładowi. Poszukuje się rozwiązań technologicznych, które będą zapobiegały lub znacząco ograniczały straty tych związków. Rozwiązaniem stosowanym w przemyśle są metody przetwarzania owoców łączące zabiegi poprzedzające suszenie, a także dodatkowe procesy jednostkowe stosowane w trakcie suszenia lub będące jego uzupełnieniem. Wśród nich wyróżnia się różnego rodzaju procesy wstępne, np. odwadnianie osmotyczne, połączone ze wzbogacaniem w dodatkowe składniki odżywcze. W porównaniu do termicznych metod usuwania wody, niskotemperaturowe (najczęściej około 50°C) odwadnianie osmotyczne świeżych owoców i warzyw pozwala uzyskać produkty wysokiej jakości, które zachowują naturalne właściwości organoleptyczne i odżywcze surowców.

Suszenie surowców żywnościowych o wysokiej zawartości wody, głównie owoców i warzyw, przedłuża ich przydatność do spożycia poprzez zmniejszenie aktywności wody, spowolnienie przemian enzymatycznych i zahamowanie niekorzystnego działania mikroorganizmów. Wysoka jakość suszy wymaga odpowiednich zabiegów wstępnych, doboru metody suszenia oraz optymalizacji parametrów, np. temperatury, prędkości i wilgotności powietrza suszącego [3, 4, 9, 11].

W badaniach realizowanych w ramach projektu Era-Net Susfood wykazano, że wysokiej jakości susze z owoców można otrzymać stosując dwa sposoby suszenia: liofilizacyjne oraz dwuetapowe, złożone z suszenia konwekcyjnego oraz mikrofalowo-próżniowego.

Liczne badania wykazują, że jednym z procesów pozwalającym na uzyskanie wysokiej jakości i wartości odżywczej suszu z owoców jest liofilizacja. Proces suszenia odbywa się pod obniżonym ciśnieniem najczęściej w temperaturze 20-30°C, dlatego straty składników odżywczych takich suszy są mniejsze w porównaniu do innych metod suszenia. Ze względu na długi czas i w związku z tym, wysokie koszty prowadzenia procesu, poszukuje się bardziej ekonomicznych rozwiązań technologicznych. Alternatywą dla procesu liofilizacji, pozwalającą na uzyskanie suszu o podobnych właściwościach jest metoda kombinowana, w której w pierwszym etapie następuje podsuszanie materiału w suszarce konwekcyjnej. Drugi etap jest realizowany w suszarce wyposażonej w mikrofałę działającą na materiał w atmosferze obniżonego ciśnienia (suszarka mikrofalowo-próżniowa), umożliwiające uzyskanie efektu „puffingu”. Suszenie wieloetapowe lub składające się z kilku procesów jednostkowych opisywane jest w niektórych publikacjach pod nazwą suszenia hybrydowego [6]. Wykazano, że suszenie hybrydowe z wykorzystaniem różnych metod suszenia jest najlepszym rozwiązaniem gwarantującym wymaganą i oczekiwaną jakość suszy.

Na podstawie przeprowadzonych badań realizowanych w ramach projektu Era-Net Susfood stwierdzono, że suszenie liofilizacyjne tkanki roślinnej w warunkach laboratoryjnych (w skali mikro) trwa od 24 do 48 godzin, natomiast suszenie konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowe może być skrócone do około 2 godzin. Przy czym w drugim etapie suszenia mikrofalowo-próżniowego czas dosuszania trwa około 10 minut. W obu sposobach suszenia różnych owoców lub warzyw, o różnym stopniu rozdrobnienia, z zastosowaniem wybranych zabiegów wstępnych niezbędna jest optymalizacja parametrów. Zaobserwowano, że metoda z efektem „puffingu” przebiega łatwiej w przypadku materiałów poddanych wstępnej obróbce osmotycznej, podczas gdy metodą liofilizacyjną zdecydowanie łatwiej suszyły się próbki niepoddane wstępnemu odwadnianiu osmotycznemu. Substancja osmotyczna (cukier) zgromadzona w warstwach zewnętrznych wstępnie odwadnianych próbek w pewnym sensie warunkuje efekt „puffingu”, jak podczas wytwarzania popcornu z ziaren kukurydzy. Działanie mikrofały i obniżonego ciśnienia umożliwia przemianę fazową wody w stan gazowy i w efekcie zwiększenie objętości, a obniżone ciśnienia ułatwia szybkie usuwanie jej z materiału powodując „puchnięcie” próbek. W rezultacie produkt jest bardzo zbliżony do suszy uzyskanych metodą sublimacyjną. Wykazuje podobną zawartość wody rzędu kilku procent, jest lekki, porowaty, a jednocześnie bardziej twardy w porównaniu z suszem liofilizowanym. Na uwagę zasługuje fakt, że susz uzyskany metodą „puffingu” nie jest tak wrażliwy na wilgoć jak susz liofilizowany. Nie wymaga tak szczelnych opakowań i nie zmienia swoich właściwości mechanicznych przez długi czas (kilka miesięcy) nawet bez stosowania opakowań.

## LITERATURA

- [1] **CIURZYŃSKA A., A. LENART. M. SIEMIĄTKOWSKA. 2011.** „Wpływ odwadniania osmotycznego na barwę i właściwości mechaniczne liofilizowanych truskawek”. *Acta Agrophysica* 17 (1): 17-32.
- [2] **CIURZYŃSKA A., H. KOWALSKA, K. CZAJKOWSKA., A. LENART. 2016.** “Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food”. *Trends in Food Science & Technology* 50: 186-192.
- [3] **GAZOR H., O. ROUSTAPOUR. 2015.** „Modeling of drying kinetic of pretreated sour cherry”. *International Food Research Journal* 22 (2): 476-481.
- [4] **JANOWICZ M., E. DOMIAN, A. LENART., W. POMARAŃSKA-ŁAZUKA. 2008.** „Charakterystyka suszenia konwekcyjnego jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy”. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (59): 190-198.
- [5] **KOWALSKA H., J. CICHOWSKA, K. CZAJKOWSKA, A. LENART. 2017.** „What new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in processing industry”. *Trends in Food Science & Technology* – w druku.
- [6] **KOWALSKI S.J., D. MIERZWA. 2010.** „Ocena jakościowa suszenia hybrydowego materiałów biologicznych”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 49: 4, 40-41.
- [7] **MARZEC A., H. KOWALSKA, B. OŁDAK. 2013.** „Wpływ techniki suszenia wiśni na właściwości teksturalne suszu oceniane metodą akustyczną i mechaniczną”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (89): 210-221.
- [8] **PHISUT N. 2012.** “MiniReview. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits”. *International Food Research Journal* 19(1): 7-18.
- [9] **RZĄCA M., D. WITROWA-RAJCHERT. 2007.** “Suszenie żywności w niskiej temperaturze”. *Przemysł Spożywczy* 4: 30-35.
- [10] **SIBBEL A. 2014.** „Sustainable Processed Food. In: Sustainable Food Processing” (ed. B. K. Tiwari, T. Norton, N. M. Holden). John Wiley & Sons, USA: 313-336.
- [11] **SIUCIŃSKA K., B. DYKI, A. MURGRABIA, P. PIECZYWEK, D. KONOPACKA. 2015.** „Ocena zmian struktury suszonej tkanki wiśni poddanej wstępnie obróbce osmotycznej wspomaganą ultradźwiękami”. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3 (100): 123-137.