

Kinga Czajkowska, Hanna Kowalska, Mariusz Wojnowski

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

e-mail: kinga_czajkowska@sggw.pl

ZASTOSOWANIE INULINY DO ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO JABŁEK

Streszczenie: Celem pracy była ocena wpływu inuliny na wymianę masy podczas odwadniania osmotycznego tkanki jabłek poprzez analizę ubytków wody, przyrostu suchej substancji, aktywności wody i stężenia ekstraktu. Odwadnianie osmotyczne przebiegało w wodnym roztworze inuliny o stężeniu 60% i temperaturze 30, 45 i 60°C w zakresie czasu od 0 do 360 minut. Największy ubytek wody, około 4,8 g H₂O/g p.s.s., stwierdzono w jabłkach odwadnianych osmotycznie w temperaturze 60°C przez 360 min. Zastosowanie inuliny do odwadniania osmotycznego jabłek polegało głównie na obniżaniu zawartości wody w jabłkach. Efekt odwadniania zwiększał się wraz z podwyższaniem temperatury. Odwadnianie osmotyczne jabłek w roztworze inuliny w temperaturze 30°C w czasie wydłużonym do 240 i 360 min spowodowało uzyskanie największego przyrostu suchej substancji. Spożycie 25 g na dobę jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 60°C przez 360 min lub 100 g jabłek odwadnianych w niższej temperaturze 30°C przez 120 min (10 g inuliny) okazało się wystarczające, by uzyskać efekt prozdrowotny.

Słowa kluczowe: jabłka, odwadnianie osmotyczne, inulina, wymiana masy.

DOI: 10.15611/nit.2014.3.01

1. Wstęp

Wzrost świadomości żywieniowej konsumentów i rozwój sektora żywnościowego przyczyniły się do powstania rynku żywności funkcjonalnej. Znalazienie nowych rozwiązań technologicznych, w efekcie których produkt będzie nie tylko wartościowy żywieniowo, ale charakteryzujący się również odpowiednimi walorami sensorycznymi, jest zadaniem trudnym. W ostatnich latach inulina znalazła zainteresowanie zarówno producentów, jak i konsumentów. Jest to polisacharyd z grupy fruktanów, stanowiący materiał zapasowy roślin i występuje w wielu warzywach i owocach (korzeń cykorii, mniszek, agawa, bulwy topinamburu, bulwy dali), skąd pozyskiwana jest na skalę przemysłową [Coussement, Franck 2001].

Oddziaływanie inuliny na organizm człowieka jest związane z właściwościami prebiotycznymi, które są wynikiem obecności wiązania β -2,1-glikozydowego, odpornego na hydrolizę przez enzymy trawienne w jelicie cienkim. Wyraźny wzrost pożytecznych bifidobakterii w jelicie grubym oraz wyraźna redukcja niepożądanych bakterii, m.in. *Clostridium perfringens* lub Gram-dodatnich paciorkowców obserwowana jest przy spożyciu 10 g inuliny na dobę [Jędrzejkiewicz, Florowska 2007; Kolida, Tuohy, Gibson 2002]. Inulina należy do związków o dużej masie cząsteczkowej (około 5000), gdyż jest to polimer β -(2-2)-D-fruktozy i α -(1-2)-D-glukozy, w którego skład wchodzi 30-35 reszt fruktozy [Bednarski, Reps 2003]. Obecnie trwają również prace badawcze nad zastosowaniem fruktooligosacharydów (FOS) do odwadniania osmotycznego. W stosunku do inuliny FOS charakteryzuje się podobną budową chemiczną (w skład FOS wchodzi 2-10 reszt fruktofuranozowych) oraz podobnymi właściwościami prebiotycznymi [Ucziwek i in. 2011; Klewicki, Ucziwek 2010].

W literaturze brakuje doniesień związanych z wykorzystaniem inuliny do odwadniania osmotycznego jabłek. Zastosowaniu łagodnych parametrów obróbki podczas odwadniania osmotycznego tkanki roślinnej może być wykorzystane do wytwarzania produktów o małym stopniu przetworzenia, charakteryzujących się naturalnymi walorami surowca pod względem zawartości składników odżywczych i właściwości sensorycznych [Kowalska 2006; Rodrigues 2003; Czapski, Radziejewska 2001].

Zastosowanie procesu odwadniania osmotycznego z wykorzystaniem roztworu inuliny może znaleźć zastosowanie w przemyśle spożywczym poprzez wykorzystanie tkanki jabłek jako nośnika różnych dodatków funkcjonalnych. Podejmując badania mające na celu dobór optymalnych warunków obróbki osmotycznej w roztworze inuliny, możliwe jest określenie nowych kierunków wykorzystania owoców i prebiotyków w przemyśle spożywczym. Ze względu na wysokie koszty zakupu surowca odwadnianie osmotyczne z zastosowaniem inuliny wydaje się nieopłacalne. Jednakże należy zwrócić uwagę na korzyści związane z wpływem produktów wartościowych żywieniowo na zdrowie konsumentów, którzy mogą być zainteresowani zakupem, niezależnie od ceny produktu.

Celem pracy było zbadanie wpływu inuliny na wymianę masy w odwadnianych osmotycznie jabłkach poprzez analizę zmiany ubytków wody, przyrostu masy suchej substancji, aktywności wody oraz stężenia ekstraktu.

2. Materiały i metody

Do badań użyto jabłek odmiany Idared, które pozyskano z pola doświadczalnego SGGW, przechowywano w atmosferze kontrolowanej, a następnie w warunkach chłodniczych w temperaturze 4-5°C przy wilgotności względnej powietrza 80-90% bez dostępu światła. Przed każdym procesem surowiec myto, obierano i krojono na kształt walców o średnicy 15 mm i wysokości 20 mm.

Tkanę jabłek odwadniano osmotycznie w roztworze inuliny o stężeniu 60% i temperaturze: 30, 45 i 60°C. Proces odwadniania realizowano przez 0, 30, 60, 120, 240 i 360 minut. Stosunek masy surowca do masy roztworu osmotycznego wynosił 1:4. Odwadnianie osmotyczne prowadzono w łaźni wodnej z wytrząsarką. Łażnia wyposażona była w termostat, dzięki czemu możliwe było utrzymanie stałej temperatury procesu oraz zwiększenie jego intensywności przez ciągłe mieszanie roztworu osmotycznego z częstotliwością 50 Hz. Następnie odwodnione osmotycznie próbki przenoszono na sito, oddzielając od roztworu osmotycznego, płukano zanurzając w zimnej wodzie na około 3 s i osuszano na bibule.

2.1. Oznaczenie wskaźników wymiany masy

W celu analizy wskaźników wymiany masy podczas odwadniania osmotycznego oznaczono następujące wielkości technologiczne:

- zawartość suchej substancji – ss [ułamek] oznaczono metodą suszenia według PN-ISO 1026:2000 w dwóch równoległych powtórzeniach:

$$ss = \frac{m_s}{m_p},$$

gdzie: m_p – masa próbki przed suszeniem [g]; m_s – masa próbki po suszeniu [g];

- ubytek wody – WL [g H₂O/g p.s.s.]:

$$WL = \frac{m_o \cdot (1 - ss_o) - m_\tau \cdot (1 - ss_\tau)}{m_o \cdot ss_o},$$

gdzie: m_o – początkowa masa próbki [g]; ss_o – początkowa zawartość suchej substancji [ułamek]; m_τ – masa próbki po odwadnianiu [g]; ss_τ – zawartość suchej substancji jabłek po odwadnianiu osmotycznym [ułamek];

- przyrost suchej substancji – SG [g/g p.s.s.]:

$$SG = \frac{m_\tau \cdot ss_\tau - m_o \cdot ss_o}{m_o \cdot ss_o},$$

gdzie: m_o – początkowa masa próbki [g]; ss_o – początkowa zawartość suchej substancji [ułamek]; m_τ – masa próbki po odwadnianiu [g]; ss_τ – zawartość suchej substancji jabłek po odwadnianiu osmotycznym [ułamek].

2.2. Oznaczenie aktywności wody oraz stężenia ekstraktu

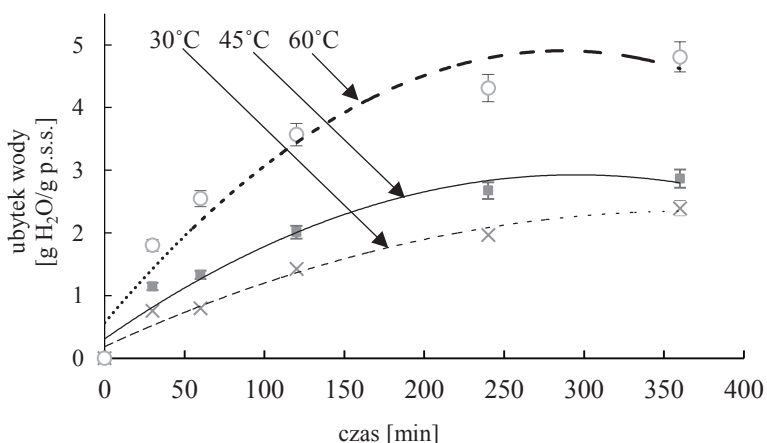
Aktywność wody (a_w) oznaczono w aparacie AquaLab firmy Decagon Devices z dokładnością odczytu $\pm 0,001$ w temperaturze 25-26°C. Oznaczenie a_w wykonano w dwóch równoległych powtórzeniach.

Zawartość ekstraktu w tkance jabłek oznaczono metodą refraktometryczną według PN-EN 12143:2000 poprzez wyciśnięcie odwadnianego materiału, wymieszanie otrzymanej cieczy i pomiar za pomocą refraktometru, uzyskując wynik w stopniach °Brix.

Wyniki dotyczące ubytków wody oraz przyrostu suchej substancji opracowano statystycznie, przeprowadzając dwuczynnikową analizę wariancji ANOVA, a dane dotyczące aktywności wody oraz stężenia ekstraktu za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA i porównywano na podstawie najmniejszej istotnej różnicy. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3. Wyniki i dyskusja

W czasie odwadniania osmotycznego jabłek w roztworze inuliny o stężeniu 60% wraz z wydłużaniem czasu od 0 do 360 min i podwyższaniem temperatury od 30 do 60°C w badanych owocach następowało proporcjonalne zwiększanie ubytku wody z jabłek (rys. 1). Wykazano istotny wpływ temperatury i czasu odwadniania na zmiany badanego wskaźnika (WL) (tab. 1).



Rysunek 1. Ubytek wody podczas odwadniania osmotycznego jabłek w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 30, 45 i 60°C

Źródło: opracowanie własne.

Figure 1. Water loss during osmotic dehydration of apple in 60% inulin solution at 30, 45 and 60°C

Source: own elaboration.

Znaczące zmiany ubytku wody z jabłek nastąpiły już po 60 min procesu. W jabłkach odwadnianych przez 60 min sięgał on blisko 40% całkowitej wartości ubytku wody, jaką uzyskano po 360 min, a po 120 min był na poziomie 60%. Po dłuższym czasie odwadniania wymiana masy była na dość wyrównanym poziomie. Najwyższą

wartość ubytku wody (około 4,8 g H₂O/g p.s.s.) odnotowano w jabłkach odwadnianych w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 60°C przez 360 minut (rys. 1). Zastosowanie temperatury podwyższonej do 60°C powodowało dwu-trzykrotnie większy ubytek wody w porównaniu z odwadnianiem jabłek w temperaturze 30°C. Większe różnice ubytku wody obserwowano w zakresie podwyższania temperatury od 45 do 60°C niż od 30 do 45°C. W pierwszym przypadku wzrost temperatury spowodował zwiększenie wody w jabłkach o 33-50%, a w drugim o 14-38%.

Tabela 1. Analiza wariancji dotycząca wpływu temperatury i czasu na ubytek wody i przyrost suchej substancji w jabłkach odwadnianych osmotycznie w roztworze inuliny

Table 1. Analysis of variance on temperature and time effect on water loss and increase in solids gain of osmotically dehydrated apples in inulin solution

	SS	Stopnie swobody	MS	F	p
Ubytek wody, WL					
Wyraz wolny	159,36	1	159,3592	2078,13	0,0000
Temperatura [°C]	19,87	2	9,9327	129,53	0,0000
Czas [min]	19,13	4	4,7829	62,37	0,0000
Błąd	1,76	23	0,0767	–	–
Przyrost suchej substancji, SG					
Wyraz wolny	8,49	1	8,4904	521,96	0,0000
Temperatura [°C]	0,12	2	0,0581	3,57	0,0547
Czas [min]	0,91	4	0,2278	14,00	0,0000
Błąd	0,37	23	0,0163	–	–

Źródło: opracowanie własne.

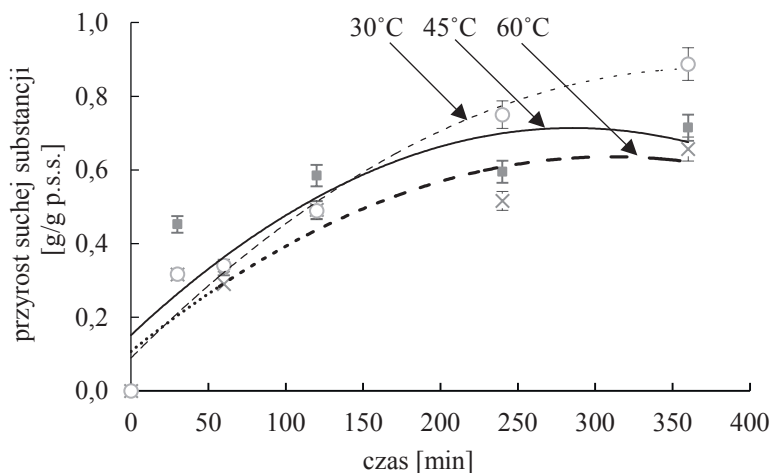
Source: own elaboration.

Kowalska i in. [Kowalska, Marzec, Kuniewicz 2011], odwadniając osmotycznie jabłko odmiany Idared w 60% roztworze sacharozy w temperaturze 60°C, uzyskali ubytek wody około 1,5; 2,1 i 2,9 g H₂O/g p.s.s. odpowiednio po 30, 60 i 120 minutach odwadniania. W przypadku zastosowania temperatury 30°C ilość usuniętej wody wynosiła około 1,1; 1,6 i 2,3 g H₂O/g p.s.s. odpowiednio po tym samym czasie prowadzenia procesu. W porównaniu z odwadnianiem osmotycznym jabłek w roztworze sacharozy zastosowanie 60-procentowego roztworu inuliny umożliwiło uzyskanie mniejszych ubytków wody zarówno po 30, 60, jak i 120 minutach, niezależnie od zadanej temperatury.

Zmiany przyrostu masy suchej substancji były dość zróżnicowane i kształtowały się inaczej niż ubytek wody (rys. 1, 2). W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny wpływ czasu na przyrost masy suchej substancji w próbkach jabłek (tab. 1). Przyrost suchej substancji do jabłek odwadnianych przez 60 min w stosunku

do wartości tego wskaźnika po 360 min odwadniania wynosił odpowiednio około 38, 46 i 44% w temperaturze 30, 45 i 60°C. Po 120 min przyrost suchej substancji do jabłek zwiększył się do 55, 82 i 75%.

W porównaniu z osmotycznym odwadnianiem jabłek prowadzonym w temperaturze 45 i 60°C przy zastosowaniu temperatury 30°C po dłuższym czasie odwadniania (240, 360 min) zaobserwowano większy przyrost suchej substancji (0,73-0,89 g/g p.s.s.) przy ubytku wody na poziomie 2,0-2,4 g H₂O/g p.s.s. (rys. 1). W pozostałych warunkach odwadniania jabłek w roztworze inuliny przyrost suchej substancji mieścił się w zakresie od około 0,28 do około 0,70 g/g p.s.s.



Rysunek 2. Przyrost suchej substancji podczas odwadniania osmotycznego jabłek w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 30, 45 i 60°C

Źródło: opracowanie własne.

Figure 2. Solid gain during osmotic dehydration of apple in 60% inulin solution at 30, 45 and 60°C

Source: own elaboration.

Jednocześnie zaobserwowano, że przy zastosowaniu temperatury 60°C ubytek wody z jabłek był nawet około ośmiu razy większy niż przyrost suchej substancji, co skutkowało spadkiem masy próbek po procesie odwadniania. Znaczącą intensywność odwadniania osmotycznego jabłek zaobserwowano na początku procesu (do 120 minut). Zwykle na początku procesu następuje dyfuzja wody z powierzchniowych warstw komórek i wnikanie substancji osmotycznej do wnętrza tkanki owoców. W większości stosowanych substancji osmotycznych w początkowych minutach procesu odwadniania obserwowano dość gwałtowne zwiększanie tego wskaźnika, sięgające około 70% wartości maksymalnej SG (po całkowitym czasie odwadniania – 3 h) [Kowalska, Gierada 2005; Kowalska, Lenart 2000].

W badaniach Lenarta [1992] wykazano, że strumień usuwanej wody był znacznie większy niż strumień wnikającej substancji osmotycznej. Po pewnym czasie strumienie te zmniejszały się. W porównaniu z przyrostem suchej substancji ubytek wody ulegał wcześniejszej stabilizacji i po około 3 h odwadniania wzrastał tylko nieznacznie. Nieto i in. [2003] stwierdzili, że podczas pierwszych 2 h odwadniania osmotycznego występują największe zmiany zawartości wody. Podobne wyniki uzyskała Kowalska i Gierada [2005], odwadniając osmotycznie tkankę jabłek w roztworze syropu skrobiowego i sacharozy. Pękoślawska i Lenart [2009] wykazali, że odwadnianie osmotyczne dyni w temperaturze 20°C w 60-procentowym roztworze glukozy przebiegało korzystniej pod względem uzyskanych wartości ubytków wody i wnikania substancji osmotycznej w porównaniu z 60-procentowym roztworem syropu skrobiowego, co wynikało z wielkości masy cząsteczkowej substancji osmotycznych.

Przeciwkierunkowy przepływ substancji osmotycznych do tkanki jabłek podczas odwadniania jest atrakcyjnym sposobem wprowadzania do tkanki roślinnej pożądaných żywniowo substancji. Zależnie od potrzeb skład chemiczny żywności może być kontrolowany i modyfikowany [Matuska i in. 2006; Lewicki, Porzecka-Pawlak 2005; Ogonek, Lenart 2001].

Marani i in. [Marani, Agnelli, Mascheroni 2007] wykazali, że zastosowanie cukrów o różnych masach cząsteczkowych wpływa na proces odwadniania osmotycznego brzoskwiń, truskawek i kiwi. Przy zastosowaniu sacharozy i cukrów o dużej masie cząsteczkowej badacze uzyskali duży stopień odwodnienia przy niewielkim wnikaniu substancji osmotycznej. Stosując inulinę do odwadniania osmotycznego owoców, można uzyskać produkt lub półprodukt (do dalszego przetwarzania) o znaczącym ubytku wody przy określonym wnikaniu substancji osmotycznej. Możliwość wnikania inuliny do odwadnianej tkanki jest dodatkowym atutem otrzymywania produktów o niskiej zawartości cukrów prostych. Zastąpienie 50% sacharozy fruktooligosacharydami (nystozą i ketozą – związki chemiczne o podobnej do inuliny budowie i właściwościach prebiotycznych) powoduje zmniejszenie wartości energetycznej cukrów zawartych w produktach odwodnionych osmotycznie o ponad 22% [Piasecka, Uczciwek, Klewicki 2009].

Uwzględniając przeliczenie przyrostu suchej substancji w odwadnianych osmotycznie jabłkach w roztworze inuliny na 100 g jabłek surowych, zauważa się, że szacunkowa jej zawartość zmieniała się od około 4,1 do blisko 12 g/100g (tab. 2). Natomiast w przeliczeniu na jabłka odwadniane szacunkowa zawartość inuliny w zależności od parametrów odwadniania mieściła się w zakresie od około 5,4 do około 42,1 g/100g.

Jak podano w literaturze [Jędrzejkiewicz, Florowska 2007; Kolida, Tuohy, Gibson 2002] spożycie 10 g inuliny na dobę daje korzyści zdrowotne, stąd wystarczy spożyć około 25 g jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 60°C przez 360 min. Uwzględniając możliwość zastosowania procesu z krótszym czasem odwadniania i niższą temperaturą, można zaproponować

100 g jabłek odwadnianych w temperaturze 30°C przez 120 min, by spożyć taką samą ilość inuliny.

Tabela 2. Szacunkowa zawartość inuliny w jabłkach odwadnianych osmotycznie w przeliczeniu na 100 g surowca i 100 g produktu

Table 2. Estimated inulin content in osmotically dehydrated apple per 100 g of raw apple and 100 g of product

Parametry procesu	Temperatura [°C]/czas odwadniania [min]														
	30°C					45°C					60°C				
	30	60	120	240	360	30	60	120	240	360	30	60	120	240	360
Zawartość inuliny M_i [g/100g]															
M_i [g/100g surowca]	4,1	3,8	6,4	6,7	8,6	5,9	4,3	7,6	7,8	9,4	4,1	4,5	6,4	9,8	11,6
M_i [g/100g produktu]	5,8	5,4	10,9	15,4	20,2	9,4	6,6	14,9	17,1	22,3	6,8	8,2	16,1	29,5	42,1

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

Kinetykę ubytku wody oraz przyrostu suchej substancji w funkcji czasu podczas odwadniania osmotycznego opisano równaniem matematycznym: $y = a + bx^c$ (tab. 3).

Tabela 3. Wartość parametrów równania $y = a + bx^c$, opisującego ubytek wody i przyrost suchej substancji w funkcji czasu odwadniania tkanki jabłek

Table 3. Values of model $y = a + bx^c$ describing relative water loss and solids gain as a function of apple tissue dehydration time

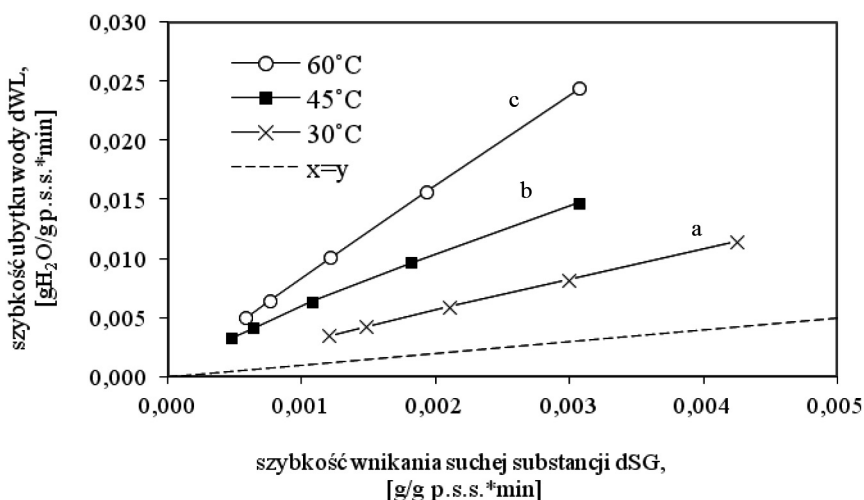
Temperatura	a	b	c	r^2
Ubytek wody				
30°C	-0,0521	0,1119	0,5210	0,991
45°C	-0,0906	0,2993	0,3906	0,990
60°C	-0,0294	0,5893	0,3622	0,992
Przyrost suchej substancji				
30°C	0,0074	0,0488	0,4916	0,991
45°C	0,0022	0,1632	0,2450	0,928
60°C	0,3307	0,0906	0,3307	0,964

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

Współczynnik korelacji równań opisujących ubytek wody z jabłek był bardzo wysoki (powyżej 0,99), co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu do danych eksperymentalnych. Również równania przyrostu suchej substancji były dość dobrze dopasowane ($r^2 > 0,92$).

Powyższe równania (tab. 3) posłużyły do obliczenia szybkości usuwania wody dWL i szybkości wnikania substancji osmotycznej dSG do odwadnianych jabłek (rys. 3). Szybkość usuwania wody oraz szybkość przyrostu suchej substancji była największa na początku procesu i malała wraz z upływem czasu. Zaobserwowano, że szybkość usuwania wody z jabłek była znacznie większa od szybkości wnikania do nich suchej substancji. Porównując stosunek obu szybkości dWL/dSG (rys. 3), wykazano, że w temperaturze 60°C szybkości te były największe. Początkowa (po 30 min) szybkość usuwania wody wynosiła około 0,024 g H₂O/g p.s.s.*min, podczas gdy szybkość wnikania substancji osmotycznej była blisko 8-krotnie mniejsza. Stosunek obu tych szybkości w zakresie temperatury 30-45°C był mniejszy w porównaniu z tym wskaźnikiem w jabłkach odwadnianych w temperaturze 60°C. W przypadku jabłek odwadnianych w temperaturze 30°C mieścił się w przedziale 2,7-2,9, w temperaturze 45°C – w zakresie 4,8-5,9, a w temperaturze 60°C – w zakresie 7,9-8,6. Na przebieg tych krzywych istotny wpływ miała temperatura. Na podstawie analizy statystycznej wykazano 3 grupy heterogeniczne (a, b, c), różniące się istotnie stosunkiem szybkości dWL/dSG ($p < 0,05$), zależnie od temperatury (rys. 3).



Rysunek 3. Zależność szybkości usuwania wody od szybkości wnikania suchej substancji w czasie odwadniania osmotycznego tkanki jabłka w roztworze inuliny

Źródło: opracowanie własne.

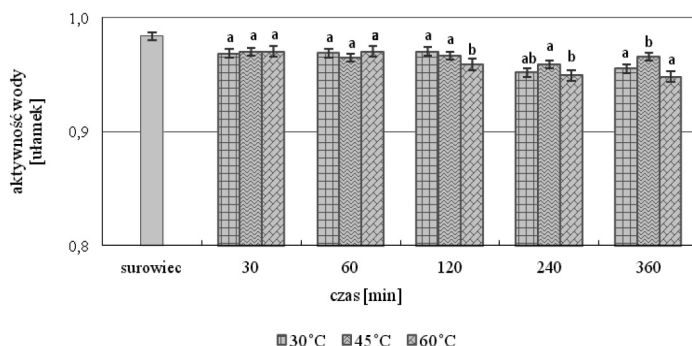
Figure 3. Relationship between rate of water loss and solid gain during osmotic dehydration of apple tissue in inulin solution

Source: own elaboration.

Zaobserwowano, że podwyższenie temperatury powodowało zwiększenie szybkości usuwania wody. Efekt ten wywołany był obniżeniem lepkości roztworu osmotycz-

nego i rozluźnieniem tkanki jabłek. Kowalska [2008], odwadniając osmotycznie jabłka odmiany Idared w roztworze sacharozy o stężeniu 60% w temperaturze 30, 50 i 70°C w ciągu 180 min, wykazała, że wartość przyrostu suchej masy była kilkakrotnie mniejsza w porównaniu z ubytkiem wody z jabłek niezależnie od zadanej temperatury. Zastosowanie dłuższego czasu odwadniania i wyższej temperatury powodowało zwiększenie stosunku szybkości ubytku wody do szybkości przyrostu suchej masy (dWL/dSG).

Aktywność wody jabłek odwadnianych osmotycznie zależała od temperatury. Statystycznie istotne różnice uzyskano, odwadniając jabłka w temperaturze 45°C w porównaniu z temperaturą odwadniania 60°C po 120, 240 i 360 minutach. Najniższą aktywnością wody charakteryzowały się próbki jabłek odwadnianych w roztworze inuliny o temperaturze 60°C przez 360 min. Aktywność wody w tych warunkach została obniżona z około 0,984 (w surowcu) do około 0,948 (rys. 4).



Rysunek 4. Aktywność wody jabłek podczas odwadniania osmotycznego w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 30, 45 i 60°C

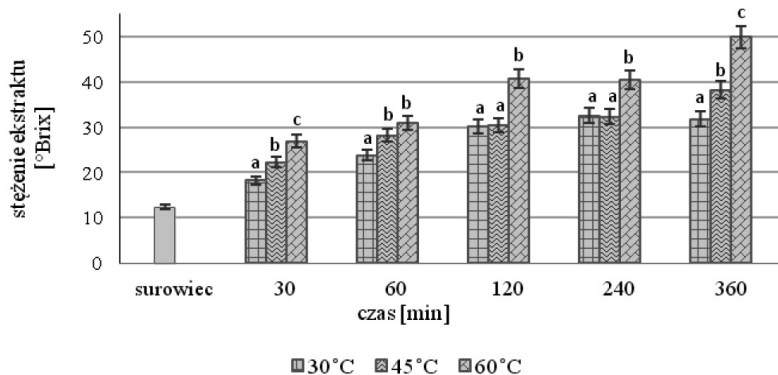
Źródło: opracowanie własne.

Figure 4. Water activity of apple during osmotic dehydration in 60% inulin solution at 30, 45 and 60°C

Source: own elaboration.

Proces odwadniania osmotycznego prowadzi do obniżenia aktywności wody w produkcie do poziomu 0,95, a nawet 0,90. W przypadku aktywności wody poniżej 0,95 zahamowany zostaje rozwój bakterii chorobotwórczych, np. *Salmonella*. Zatem odwadnianie osmotyczne wyklucza rozwój drobnoustrojów chorobotwórczych, ale nie zapewnia produktowi całkowitej trwałości. W związku z tym owoce i warzywa odwodnione osmotycznie wymagają dodatkowego utrwalenia [Matuska, Lenart, Lazarides 2006; Kowalska i Lenart 2000].

Zawartość ekstraktu w odwadnianych jabłkach zależała istotnie od temperatury. Największą zawartość ekstraktu (głównie cukru) stwierdzono w jabłkach odwadnianych osmotycznie w temperaturze 60°C (rys. 5).



Rysunek 5. Zawartość ekstraktu (zawartości cukru) w jabłkach podczas odwadniania osmotycznego w roztworze inuliny w temperaturze 30, 45 i 60°C

Źródło: opracowanie własne.

Figure 5. Content of extract (sugar content) in apple during osmotic dehydration in 60% inulin solution at 30, 45 and 60°C

Source: own elaboration.

W tych warunkach po 360 minutach trwania procesu zawartość ekstraktu wzrosła z około 12,4°Brix (surowiec) do około 50,0°Brix. Odwadnianie osmotyczne jabłek w temperaturze 60°C w badanym zakresie czasu (0-360 min) umożliwiło uzyskanie wyższego stężenia ekstraktu w porównaniu z zastosowaniem temperatury 30 i 45°C. W większości przypadków zawartość ekstraktu w odwadnianych jabłkach ulegała zwiększeniu wraz z wydłużaniem czasu trwania procesu i po 120, 240 i 360 min odwadniania osmotycznego owoców w temperaturze 60°C była wyższa odpowiednio o około 28,4; 28,1 oraz 37,6°Brix w porównaniu z surowcem.

4. Zakończenie

Ubytek wody w jabłkach odwadnianych osmotycznie w 60-procentowym roztworze inuliny zależał istotnie od zastosowanej temperatury i czasu trwania procesu. W temperaturze 60°C nastąpiło około dwu-, trzykrotne zwiększenie ubytku wody w porównaniu z odwadnianiem jabłek w temperaturze 30°C. Ubytek wody z jabłek był nawet osiem razy większy niż przyrost suchej substancji. Odwadnianie osmotyczne jabłek w roztworze inuliny w temperaturze 30°C w czasie wydłużonym do 240 i 360 min spowodowało uzyskanie największego przyrostu suchej substancji, na poziomie 0,75-0,89 g/g p.s.s.

Zastosowanie inuliny do odwadniania osmotycznego jabłek polegało głównie na obniżeniu zawartości wody w jabłkach. Efekt odwadniania (szybkość usuwania wody) zwiększał się wraz z podwyższaniem temperatury.

Ograniczone wnikanie inuliny do jabłek daje określone korzyści. Zgodnie z danymi literaturowymi dzięki spożyciu 25 g na dobę jabłek odwadnianych osmotycznie w roztworze inuliny o stężeniu 60% w temperaturze 60°C przez 360 min lub spożyciu 100 g jabłek odwadnianych w niższej temperaturze: 30°C przez 120 min (10 g inuliny) możemy uzyskać efekt prozdrowotny.

Najniższą aktywnością wody na poziomie 0,948 oraz najwyższym poziomem stężenia ekstraktu (około 50°Brix) charakteryzowała się próbka odwadniana osmotycznie w 60-procentowym roztworze inuliny o temperaturze 60°C przez 360 minut.

W skład inuliny wchodzi szereg fruktanów zbudowanych z fruktozy i sacharozy. Długość łańcuchów fruktanów zależy od ilości obecnych w ich strukturze jednostek fruktozy. W kolejnym etapie badań uzasadniona jest ocena efektu migracji do tkanki jabłek poszczególnych frakcji, w zależności od ich masy cząsteczkowej.

Literatura

- Bednarski W., Rejs A., 2003, *Biotechnologia żywności*, WNT, Warszawa, s. 112.
- Coussement P., Franck A., 2001, *Inulin and oligofructose*, [w:] *Handbook of Dietary Fiber*, red. S. Sungsoo Cho, M.L. Dreher, Taylor & Francis.
- Czapski J., Radziejewska E., 2001, *Metody przedłużania trwałości warzyw i owoców mało przetworzonych*, Przem. Spoż., nr. 1, s. 16-19.
- Jędrzejkiewicz K., Florowska A., 2007, *Stabilność i jakość bezcholesterolowych niskotłuszczowych emulsji zawierających inulinę*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, vol. 54, nr. 5, s. 346-359.
- Klewicki R., Uczciwek M., 2010, *Effect of osmotic dehydration in the carbohydrate mixtures containing fructooligosaccharides on the oligosaccharide content of apples*, „Acta Alimentaria”, vol. 39, s. 357-367.
- Kolida S., Tuohy K., Gibson G.R., 2002, *Prebiotic effects of inulin and oligofructose*, Br. J. Nutr., vol. 87 (Suppl. 2), s. 193-197.
- Kowalska H., 2006, *Owoce i warzywa jako żywność minimalnie przetworzona*, Przem. Spoż., nr 6, 24-27.
- Kowalska H., 2008, *Wpływ temperatury na wymianę masy w jabłkach odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, vol. 59 no. 4, s. 56-67.
- Kowalska H., Gierada K., 2005, *Nasycanie jabłek w celu otrzymania żywności wzbogaconej witaminą C*, „Inżynieria Rolnicza”, vol. 71/11, s. 267-275.
- Kowalska H., Lenart A., 2000, *The influence of plant tissue structure on osmotic dehydration*, 12th Int. Drying Symp, IDS, 2000, Netherlands, Hague, s. 242.
- Kowalska H., Marzec A., Kuniewicz J., 2011, *Wpływ przepływu roztworu osmotycznego o ruchu laminarnym i innych warunków procesu na odwadnianie osmotyczne jabłek*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, vol. 269, s. 161-172.
- Lenart A., 1992, *Mathematical modeling of osmotic dehydration of apple and carrot*, Acta Alimen. Polonica, vol. 42, no. 1, s. 33-44.
- Lewicki P., Porzecka-Pawlak R., 2005, *Effect of osmotic dewatering on apple tissue structure*, J. Food Eng., vol. 66, no. 1, s. 43-50.
- Marani C.M. Agnelli M.E., Mascheroni R.H., 2007, *Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation*, J. Food Eng., vol. 79, s. 1122-1130.
- Matuska M., Lenart A., Lazarides N.H., 2006, *On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake*, J. Food Eng., 2006, vol. 72, s. 85-91.

- Nieto A.B., Salvatori D.M., Castro M., Alzamora S.M., 2003, *Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose OD: Shrinkage, porosity, density and microscopic features*, J. Food Eng., vol. 61, s. 269-278.
- Ogonek A., Lenart A., 2001, *Wpływ selektywnych powłok jadalnych na odwadnianie osmotyczne truskawek*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, vol. 28, nr 3, s. 62-73.
- Piasecka E., Uczciwek M., Klewicki R., 2009, *Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”, vol. 63, nr 2, s. 138-153.
- Rodrigues A.C.C., Cunha R.L., Hubinger M.D., 2003, *Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing*, J. Food Eng., vol. 59, s. 129-135.
- Uczciwek M., Piasecka E., Klewicki R., Mieszczakowska-Frać M., Bonazzi C., 2011, *Content of selected nutrients in sour cherries, blackcurrants and apples osmodehydrated in reused fructooligosaccharide concentrate*, Ital. J. Food Sci., vol. 23, s. 270-279.

INULIN APPLICATION FOR OSMOTIC DEHYDRATION OF APPLES

Summary: The aim of this work was to evaluate the effect of inulin on mass transfer during osmotic dehydration of apple tissue. The impact of the dehydration temperature and time on changes in: water loss, solids gain, water activity and extract concentration was examined. Osmotic dehydration was performed in a 60% inulin solution, during periods ranging from 0 to 360 minutes at three temperatures: 30, 45 and 60°C. The greatest loss of water, about 4.8 g H₂O/g i.d.m, was observed in osmotically dehydrated apples at 60°C during 360 min. Using inulin in the process of osmotic dehydration resulted in a higher level of water loss as compared to solids gain. The level of water loss was higher at higher temperatures. The greatest solids gain was observed in osmotically dehydrated apples at 30°C during 240-360 min. A daily consumption of 25 g of apples dehydrated for 360 min at 60°C in a 60% inulin solution (which amounts to 10g of inulin) produces the same health-promoting effects as the consumption of 100g of apples dehydrated for 120 min at a lower temperature (30°C, with the same inulin concentration).

Keywords: apple, osmotic dehydration, inulin, mass transfer.