

WPLYW WSTĘPNEGO ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI REHYDRACYJNE SUSZONYCH JABŁEK

Hanna Kowalska, Agata Marzec, Katarzyna Omen

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa
e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl

Streszczenie. Celem pracy było przedstawienie wpływu wstępnego odwadniania osmotycznego jabłek odmiany Idared na ich właściwości rehydracyjne. Przed suszeniem konwekcyjnym stosowano osmotyczne odwadnianie jabłek w roztworze sacharozy o stężeniu 30 i 60% w temperaturze 30 i 50°C przez 0,5, 1,0 i 1,5 h. Grubość próbek w kształcie prostopadłościanów o wymiarach 2,5 x 2,5 cm wynosiła 0,5 i 1,5 cm. Właściwości rehydracyjne suszu jabłkowego, analizowane na podstawie względnego przyrostu masy i ubytku suchej substancji, zależały od stężenia roztworu osmotycznego i początkowej grubości próbek. Niższe stężenie roztworu sacharozy oraz mniejsza grubość próbek wpływały na zwiększenie względnego przyrostu masy w suszach jabłkowych, ale różnice te były mniej widoczne w przypadku rehydracji prowadzonej przez 4 h w porównaniu z rehydracją 1-godzinną. Zmiany przyrostu masy suchej substancji i ubytku wody podczas wstępnego odwadniania osmotycznego jabłek przed suszeniem konwekcyjnym w małym stopniu korelowały ze względnym przyrostem masy suchej substancji w rehydrowanych suszach. Na wartości analizowanych wskaźników rehydracji większy wpływ niż przyrost masy suchej substancji miał stopień odwodnienia próbek wyrażony jako ubytek wody z jabłek.

Słowa kluczowe: susze jabłkowe, obróbka osmotyczna, rehydracja

WSTĘP

Obecnie na rynku można spotkać różnorodne produkty suszone lub zawierające suszone owoce lub warzywa w postaci mieszanek, np. z płatkami (musli), kaszek, deserów, jogurtów, ciast. Dodatek suszonych owoców jest cenny ze względu na wartość odżywczą oraz sensoryczną produktów. Szczególnie ważnym składnikiem są suszone jabłka, które wnoszą mało kalorii w porównaniu do innych suszonych owoców. Susze spożywcze, często przed ich konsumpcją, poddawane są obróbce polegającej na ich uwodnieniu. W czasie rehydracji następuje zwiększenie masy i objętości suszu. Jednocześnie obniża się zawartość rozpuszczalnych składników suchej sub-

stancji (Lewicki 1998). Zmiany masy spowodowane są wnikaniem wody do wnętrza materiału na zasadzie ssania kapilarnego i dyfuzji oraz przenikania substancji rozpuszczalnych na zewnątrz. Pierwszy z procesów powoduje przyrost masy, a pozostałe decydują o jej ubytku. W rezultacie powstałe zmiany stanowią wypadkową obu procesów (Witrowa-Rajchert 2004, Witrowa-Rajchert i Wierzbicka 2005). Szybkość i stopień rehydracji zależy od metody suszenia (Mc Minn i Magee 1997). Susz w czasie uwadniania nie jest w stanie wchłonąć takiej ilości wody, jaką utracił w trakcie suszenia (Krokida i Marinos-Kouris 2003, Stępień 2007, 2008). Przyczyną niecałkowitej rehydracji suszu jest uszkodzenie struktury tkanki surowca w trakcie suszenia oraz zmniejszenia zdolności wiązania wody (Witrowa-Rajchert 2004). Wykazano, że wraz ze zwiększonym stopniem wysuszenia surowca, wydłuża się jego czas nawadniania potrzebnego, by produkt mógł powrócić do zadanej objętości (Lewicki i in. 1994), a największy przyrost masy następuje w początkowym okresie rehydracji przez 2-2,5 h.

Bezpośredni wpływ na proces rehydracji ma metoda i warunki suszenia oraz obróbka wstępna. Kaleta i in. (2006) wykazali, że wraz z obniżeniem ciśnienia i podwyższeniem temperatury suszenia pietruszki zwiększeniu ulegała zdolność chłonięcia wody przez susz. Kasztany suszone konwekcyjnie przez 5 h wykazały mniejszą zdolność rehydracji wody, co było powodem znacznego uszkodzenia struktury podczas suszenia (Moreira i in. 2008). Suszenie w krótszym czasie, czyli do średniej zawartości wilgoci oraz zastosowanie niższej temperatury podczas rehydracji wpływa na poprawę właściwości rekonstrykcyjnych produktu. Z badań Amami i in. (2007) wynika, że zastosowanie PEF (zmienne pole elektryczne) wpłynęło na zwiększenie wymiany masy w marchwi odwadnianej osmotycznie oraz zdolności rehydracyjnych suszu. Odwadnianie osmotyczne często stosowane jest jako wstępna operacja mająca na celu obniżenie zawartości wody materiału. Istotny jest też wpływ tego procesu na cechy jakościowe suszu oraz zdolności rehydracyjne. Odwadnianie osmotyczne (Kowalska i in. 2010) może mieć wpływ na ograniczenie degradacji ścian komórkowych podczas suszenia i wpływać na poprawę właściwości rekonstrykcyjnych suszy jabłkowych (Mastrocola i in. 1997).

Celem pracy było zbadanie wpływu wstępnego odwadniania osmotycznego na zdolności rehydracyjne suszonych jabłek. Zakres pracy obejmował analizę wpływu stężenia roztworu sacharozy, grubości próbek, temperatury i czasu odwadniania osmotycznego na rehydrację uzyskanych suszy jabłkowych.

MATERIAŁ I METODY

Do badań zastosowano jabłka odmiany Idared, pochodzące z Zakładów Doświadczalnych SGGW w Wilanowie. Jabłka przechowywano w chłodni w temperaturze 3-4°C i wilgotności względnej powietrza 80-90%.

Wstępne odwadnianie osmotyczne rozdrobnionych jabłek o wymiarach 2,5 x 2,5 cm oraz grubości 0,5 i 1,5 cm prowadzono umieszczając próbki nieruchomo w specjalnych koszyczkach i stosując stały przepływ (około 1,5 dm³·min⁻¹) roztworu sacharozy o stężeniu 30 i 60%. Temperatura roztworu wynosiła 30 i 50°C, a czas odwadniania 0,5; 1 i 1,5h. Po zakończeniu procesu odwadniania próbki płukano przez około 5 sekund pod bieżącą wodą i osuszano na bibule.

Odwodnione jabłka suszono w suszarce konwekcyjnej w temperaturze 70°C przy przepływie powietrza z prędkością 1,5 m/s do uzyskania stałej masy. Wsuszone próbki poddawano rehydracji zanurzając je w wodzie i przetrzymywano przez 1 i 4 h. W otrzymanych próbkach oznaczano względny przyrost masy i względny ubytek substancji rozpuszczalnych.

Względny przyrost masy Δm (g·(g s.s.)⁻¹) i względny ubytek suchej substancji Δs (g·(g s.s.)⁻¹) obliczano ze wzorów:

$$\Delta m = \frac{m_{\tau}}{m} \quad \Delta s = \frac{ss - ss_{\tau}}{ss} \quad (1)$$

gdzie: m_{τ} – masa suszu po rehydracji,

m – masa suszu przed rehydracją,

ss_{τ} – zawartość suchej substancji po rehydracji.

ss – zawartość suchej substancji przed rehydracją.

Wyniki analizowano przy zastosowaniu wieloczynnikowej analizy wariancji (Multifactor ANOVA) i najmniejszej istotnej różnicy oraz regresji liniowej 1-go stopnia przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wstępne odwadnianie osmotyczne jabłek o grubości próbek 0,5 i 1,5 cm w roztworze sacharozy o stężeniu 30 i 60% w temperaturze 30 i 50°C przez 0,5-1,5 h miało istotny wpływ na przyrost masy suchej substancji oraz ubytek wody w badanych jabłkach (tab. 1). Zwiększenie stężenia roztworu osmotycznego, temperatury, zmniejszenie grubości próbek oraz wydłużenie czasu powodowało zwiększone wnikanie substancji osmotycznej do jabłek oraz większy ubytek wody (rys. 1). Spośród analizowanych warunków odwadniania osmotycznego największy przyrost masy suchej substancji SG do odwadnianych jabłek wynoszący około 0,9 (g·(g p.s.s.)⁻¹) nastąpił po 1,5 h przetrzymywania próbek o grubości 0,5 cm w roztworze sacharozy o stężeniu 60% w temperaturze 50°C (rys. 1). W tych samych warunkach nastąpił największy ubytek wody WL z jabłek na poziomie około 3,2 (gH₂O·(g p.s.s.)⁻¹).

Tabela 1. Analiza statystyczna wpływu parametrów odwadniania osmotycznego jabłek na przyrost masy suchej substancji SG ($\text{g} \cdot (\text{g p.s.s.})^{-1}$) i ubytku wody WL ($\text{g H}_2\text{O} \cdot (\text{g p.s.s.})^{-1}$); * $_-$ oznacza różnicę istotną statystycznie

Table 1. Statistical analysis of influence of osmotic dehydration parameters on solids gain SG ($\text{g} \cdot (\text{g i.d.m.})^{-1}$) and water loss WL ($\text{g H}_2\text{O} \cdot (\text{g i.d.m.})^{-1}$); * $_-$ statistically significant difference

Czynniki Factors	Wartość czynników Factor value	Przyrost masy suchej substancji ($\text{g} \cdot (\text{g p.s.s.})^{-1}$) Solids gain SG ($\text{g} \cdot (\text{g i.d.m.})^{-1}$)			Ubytek wody ($\text{gH}_2\text{O} \cdot (\text{g p.s.s.})^{-1}$) Water loss WL ($\text{gH}_2\text{O} \cdot (\text{g i.d.m.})^{-1}$)			
		p	Różnica Differ- ence	NIR LSD	p	Różnica Differ- ence	NIR LSD	
Odwadnianie osmotyczne Osmotic dehydration	Temperatura Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	30-50	*0,004	*-0,120	0,077	*0,000	*-0,700	0,228
	Stężenie sacharozy Sucrose concentr. (%)	30-60	*-0,000	*-0,313	0,077	*0,000	*-0,671	0,228
	Grubość Thickness (cm)	0,5-1,5	*0,004	*0,124	0,077	*0,000	*0,679	0,228
	Czas Time (h)	0,5-1,0					*-0,585	
		0,5-1,5	*0,000	*-0,372	0,095	*0,000	*-0,858	0,279
1,0-1,5			*-0,176			-0,073		

Mniejsze stężenie roztworu osmotycznego i mniejsza grubość próbek miały istotny wpływ na zwiększenie wybranych wskaźników rehydracji suszonych jabłek (rys. 2 i 3). Większe zróżnicowanie wartości wskaźników rehydracji zaobserwowano po krótszym czasie rehydracji (1 h) suszonych jabłek w porównaniu z dłuższym czasem (4 h). Wykazano istotny wpływ stężenia sacharozy i grubości próbek jabłek wstępnie odwadnianych osmotycznie na uzyskany względny przyrost masy rehydrowanych suszy (tab. 2). Natomiast nie wykazano wpływu zmian temperatury roztworu osmotycznego w zakresie $30\text{-}50^{\circ}\text{C}$ oraz czasu odwadniania w zakresie 0,5-1,5 h na względny przyrost masy suszów po rehydracji (tab. 2). Zwiększenie stężenia roztworu osmotycznego powodowało uzyskanie mniejszych wartości względnego przyrostu masy suszonych jabłek (rys. 2). Po 1 h rehydracji suszonych jabłek większy względny przyrost masy (o 11-28%) w próbkach o grubości 0,5 cm oraz o 4-11% w próbkach o grubości 1,5 cm nastąpił w przypadku ich wstępnego odwadniania w roztworze sacharozy o stężeniu 30% w porównaniu z wyższym stężeniem 60%.

Tabela 2. Analiza statystyczna parametrów wstepnego odwadniania osmotycznego jabłek oraz czasu rehydracji suszy jabłkowych na względny przyrost masy Δm (g:(g s.s.)⁻¹) i ubytku suchej substancji Δs (g:(g s.s.)⁻¹); *- oznacza różnicę istotną statystycznie

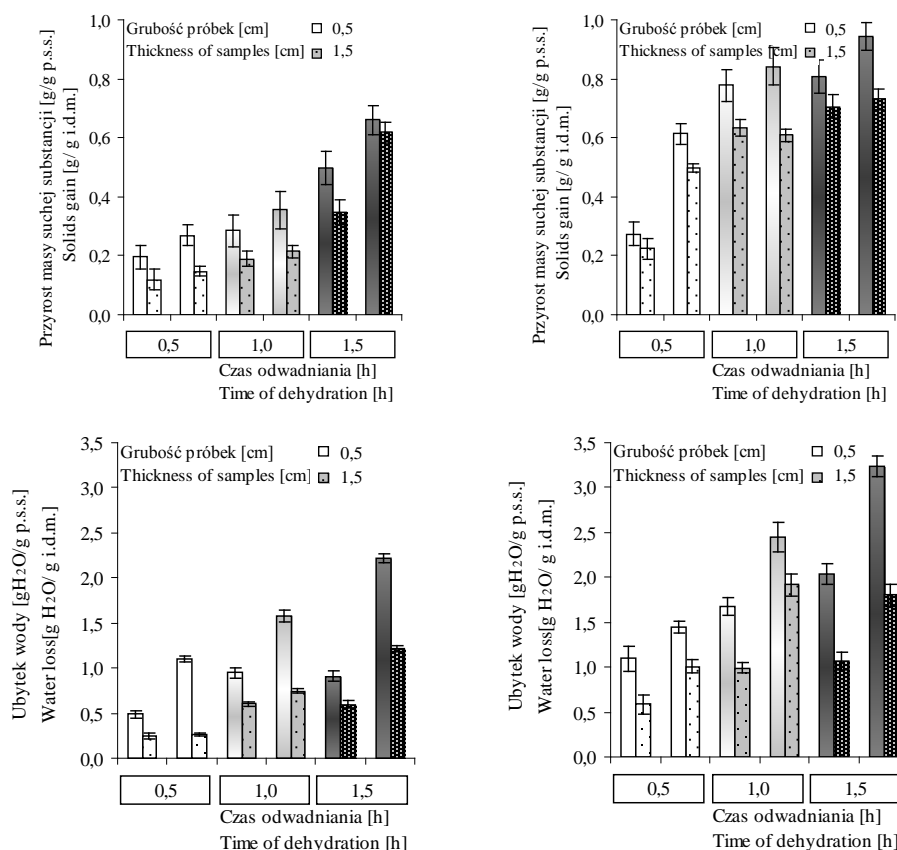
Table 2. Statistical analysis of influence of osmotic dehydration parameters and rehydration time of dried apples on relative mass gain Δm (g:(g d.m.)⁻¹) and loss of soluble substance of rehydration samples Δs (g:(g d.m.)⁻¹); *- statistically significant difference

Czynniki Factors	Wartość czynników Factor value	Względny przyrost masy Relative mass gain Δm			Względny ubytek substancji rozpuszczalnych Relative loss of soluble substance Δs			
		p	Różnica Diffe- rence	NIR LSD	p	Różnica Diffe- rence	NIR LSD	
Odwadnianie osmotyczne Osmotic dehydration	Temperatura Temperature (°C)	30-50	0,27 4	-0,065	0,109	0,522	-0,010	0,033
	Stężenie sacharozy Sucrose concentr. (%)	30-60	*0,0 0	*4,08	0,109	*0,00	*0,062	0,033
	Grubość Thickness (cm)	0,5-1,5	*0,0 0	*0,505	0,109	*0,00	*0,099	0,033
	Czas Time (h)	0,5-1,0 0,5-1,5 1,0-1,5	0,22 1	-0,044 -0,132 -0,088	0,133	0,180	-0,033 -0,032 0,001	0,040
Rehydracja Rehydration	Czas (h) Time (h)	1,0-4,0	*0,0 0	*-0,743	0,109	*0,00	*-0,164	0,033

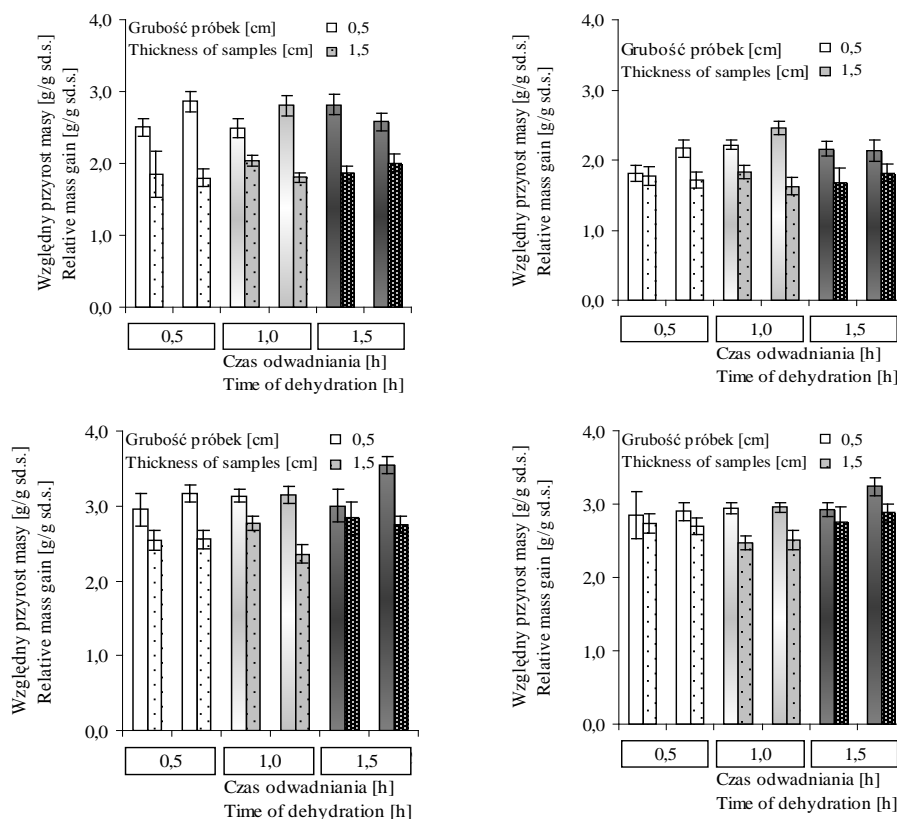
Mniejsze rozdrobnienie próbek (większa grubość) powodowało obniżenie zdolności odtwarzania suszy poprzez ich rehydrację. W porównaniu z próbkami o grubości 1,5 cm podczas 1 h rehydracji suszów wstępnie odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy o stężeniu 30% nastąpił o 22-37% większy względny przyrost masy w przypadku próbek o mniejszej początkowej grubości 0,5 cm oraz o 2-35% w próbkach suszów otrzymanych z zastosowaniem wstepnego odwadniania w roztworze sacharozy o stężeniu 60% (rys. 2).

Dłuższy czas rehydracji suszonych jabłek powodował zmniejszenie wpływu wstepnej obróbki osmotycznej na ich zdolności rehydracyjne. Jednakże czas rehydracji suszy jabłkowych w zakresie 1- 4 h wpływał istotnie na zmiany względnego przyrostu masy (tab. 2). W porównaniu do rehydracji próbek przez 1 h wydłużenie procesu do 4 h spowodowało zwiększenie przyrostu masy w próbkach o wstepnej grubości 0,5 i 1,5 cm odpowiednio o 10-27% i 23-34% przypadku suszy wstępnie odwadnianych w roztworze sacharozy o stężeniu 30% oraz 17-36 i 26-39% odwadnianych w roztworze 60%-ym (rys. 2).

Największy względny przyrost masy wynoszący około $3,6 \text{ (g} \cdot \text{(g s.s.)}^{-1})$ (rys. 2c) stwierdzono w suszach jabłkowych nawilżanych przez 4 h, o początkowej grubości 0,5 cm, które przed suszeniem poddano wstępnej obróbce osmotycznej w roztworze sacharozy o stężeniu 30% i temperaturze 50°C przez 1,5 h oraz około $3,2 \text{ (g} \cdot \text{(g s.s.)}^{-1})$ po wstępnym odwadnianiu w tych samych warunkach różniących się tylko wyższym stężeniem roztworu osmotycznego wynoszącym 60% (rys. 2d). Natomiast najmniejsze zmiany masy miały miejsce w próbkach suszów o początkowej grubości 1,5 cm i poddanych odwadnianiu osmotycznemu w 60% roztworze sacharozy o temperaturze 50°C przez 1 h.



Rys. 1. Zmiany przyrostu masy suchej substancji SG a) i b) oraz ubytku wody WL c) i d) w jabłkach odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy o stężeniu a) i c): 30%; b), d): 60% w temperaturze 30 i 50°C przez 0,5, 1,0 i 1,5 h (grubość próbek przed odwadnianiem 0,5 i 1,5 cm)
Fig. 1 Changes of solids gain SG a) and b) and water loss WL c) and d) in apples osmodehydrated in sucrose solution with concentration of a) and c): 30%; b) and d): 60% at temperature of 30 and 50°C (thickness before osmotic process – 0.5 and 1.5 cm)



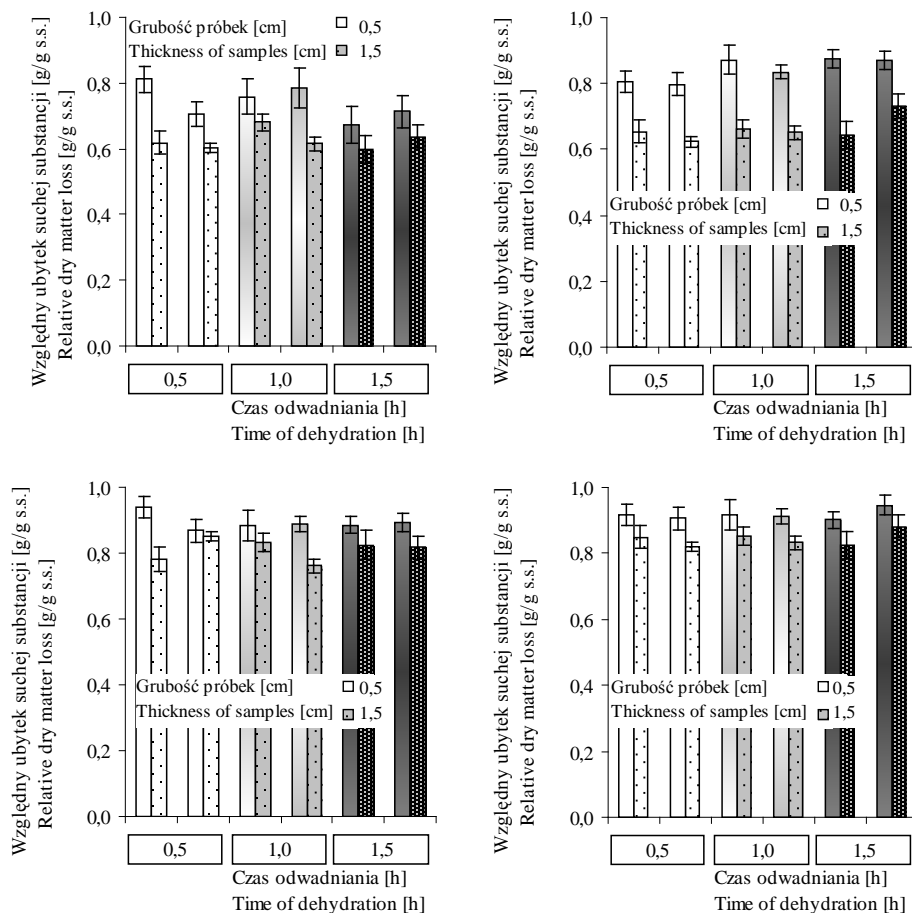
Rys. 2. Zmiany względnego przyrostu masy Δm w suszach jabłkowych rehydrowanych przez 1 h po wstępnej obróbce osmotycznej w roztworze sacharozy o stężeniu a) 30% i b) 60% w temperaturze 30 i 50°C oraz rehydrowanych przez 4,0 h: c) 30% i d) 50% (o grubości początkowa 0,5 i 1,5 cm)

Fig. 2 Changes of relative mass gain Δm in dried apple rehydrated during 1 h after osmotic pre-treatment in sucrose solution concentration of a) 30% and b) 50% at temperature of 30 and 50°C rehydrated for 4h: c) 30% and d) 60% (thickness before osmotic process – 0.5 and 1.5 cm)

Względny ubytek suchej substancji mający miejsce podczas rehydracji suszonych jabłek, podobnie jak względny przyrost masy, zależał od takich parametrów wstępnej obróbki osmotycznej jak stężenie roztworu osmotycznego i grubość próbek (tab. 2). Natomiast nie stwierdzono wpływu temperatury i czasu odwadniania na powyższy wskaźnik rehydracji. Względny ubytek suchej substancji był zawsze większy w próbkach o mniejszej początkowej grubości 0,5 cm. W przypadku rehydracji trwającej 1 h różnice te mieściły się w zakresie od 10 do 24% w jabłkach wstępnie odwadnianych w roztworze sacharozy o stężeniu 30% oraz od 16 do 27% przy zastosowaniu wyższego stężenia sacharozy 60% (rys. 3a i b). Po dłuższym czasie rehydracji (4 h) uzyskano mniejsze zróżnicowanie względne-

go ubytku suchej substancji, odpowiednio 2-17% i 7-10% po wstępnym osmotycznym odwadnianiu w roztworze sacharozy o stężeniu 30 i 60% (rys. 3c i d).

Analizując wpływ stężenia roztworu osmotycznego w zakresie 30-60% stosowanego do wstępnego odwadniania jabłek, nieznacznie większe wartości względnego ubytku suchej substancji, najczęściej w zakresie 2-6% (sporadycznie 13-30%, szczególnie po rehydracji trwającej 4 h) zaobserwowano w przypadku nasączenia suszów po wstępnej obróbce osmotycznej w roztworze o wyższym stężeniu (rys. 3).



Rys. 3. Zmiany względnego ubytku suchej substancji Δs w suszach jabłkowych rehydrowanych przez 1 h po wstępnym odwadnianiu osmotycznym w roztworze sacharozy o stężeniu a) 30% i b) 60% w temperaturze 30 i 50°C oraz rehydrowanych przez 4,0 h: c) 30% i d) 60% (grubość próbek 0,5 i 1,5 cm)

Fig. 3 Changes of relative dry matter loss Δs in dried apples rehydrated during 1 h after osmotic pretreatment in sucrose solution concentration of: a) 30% and b) 60% at temperature of 30 and 50°C rehydrated for 4 h: c) 30% and d) 60% (thickness before osmotic process – 0.5 and 1.5 cm)

Właściwości rehydracyjne suszów tkanki roślinnej zależne są od początkowej zawartości wody w materiale przed suszeniem konwekcyjnym. Podobne wnioski zawarto m.in. w badaniach Woźnicy i Lenarta (2005). Wskutek obniżenia zawartości wody zwiększa się sztywność ścian komórkowych (Genskow 1988). W czasie rehydracji błona cytoplazmatyczna ulega rozerwaniu, a uwadniany produkt traci część suchej substancji i nie jest w stanie powrócić do początkowej objętości (Cerkowiak i in., 1998; Witrowa-Rajchert 2004). Warunki wstępnej obróbki osmotycznej powinny być tak dobrane, aby w krótkim czasie nastąpiło znaczne obniżenie zawartości wody i ewentualne wysycenie zewnętrznych warstw tkanki roślinnej celem ograniczenia zmian, jakie następują podczas suszenia konwekcyjnego. Struktura suszy uzyskanych sposobem osmotyczno-konwekcyjnym może mieć wpływ na ograniczenie strat substancji rozpuszczalnych podczas rehydracji. W tym zakresie konieczne są kolejne badania. Uszkodzona struktura podczas wstępnego odwadniania osmotycznego jabłek prowadząca do ubytku wody sięgającego 3,2 g ($\text{H}_2\text{O}\cdot(\text{g p. s.s.})^{-1}$) spowodowała zwiększenie zdolności rehydracyjnych suszów, ale po dłuższym czasie ich uwadniania.

Tabela 3. Analiza regresji wskaźników wstępnego odwadniania osmotycznego jabłek (przyrost masy suchej substancji SG ($\text{g}\cdot(\text{g p. s.s.})^{-1}$) i ubytek wody WL ($\text{gH}_2\text{O}\cdot(\text{g p. s.s.})^{-1}$) i rehydracji suszy jabłkowych (względny przyrost masy ($\text{g}\cdot(\text{g s.s.})^{-1}$); * – oznacza różnicę istotną statystycznie

Table 3. Regression analysis of osmotic dehydration of apple points (solids gain SG ($\text{g}\cdot(\text{g i.d.m.})^{-1}$) and water loss WL ($\text{g H}_2\text{O}\cdot(\text{g i.d.m.})^{-1}$) and rehydration time of dried apples (relative mass gain ($\text{g g d.m.})^{-1}$); * – statistically significant difference

Warunki odwadniania /rehydracji Conditions of dehydration/rehydration				Regresja liniowa Linear regres- sion $y = a+b\cdot x$	Współczynnik korelacji Coefficient of correlation	p	
Stęż. roztworu sacharozoy Concentration of sucrose solution (%)	30	Czas rehydracji Rehydration time (h)	1	$a = 2,002$ $b = 0,872$	0,365	0,243	
	60			$a = 1,503$ $b = 0,697$			*0,050
	30			$a = 2,552$ $b = 1,064$			*0,050
	60			$a = 2,518$ $b = 0,475$			0,098
Stęż. roztworu sacharozoy Concentration of su- crose solution (%)	30	Czas rehydracji Rehydration time (h)	1	$a = 1,884$ $b = 0,440$	0,583	*0,046	
	60			$a = 1,604$ $b = 0,214$			*0,039
	30			$a = 2,482$ $b = 0,456$			*0,003
	60			$a = 2,513$ $b = 0,191$			*0,014

Do określenia zależności pomiędzy analizowanymi wskaźnikami wstępnego odwadniania osmotycznego a wskaźnikami rehydracji przeprowadzono analizę regresji liniowej (tab. 3 i 4). Wykazano korelację powyższych wskaźników tylko w przypadku próbek odwadnianych w roztworze o stężeniu 30% i rehydrowanych przez 4 h oraz odwadnianych w roztworze o stężeniu 60% i rehydrowanych 1 h. Jednakże współczynnik korelacji był niski i nie przekraczał 0,57 (tab. 3). W większym stopniu wykazano korelację pomiędzy względnym przyrostem masy Δm w czasie rehydracji próbek a ubytkiem wody WL , który nastąpił podczas osmotycznego odwadniania.

Tabela 4. Analiza regresji wskaźników wstępnego odwadniania osmotycznego jabłek (przyrost masy suchej substancji SG ($\text{g} \cdot (\text{g p. s.s.})^{-1}$) i ubytek wody WL ($\text{gH}_2\text{O} \cdot (\text{g p. s.s.})^{-1}$) i rehydracji suszy jabłkowych (względny ubytek suchej substancji ($\text{g} \cdot (\text{g s.s.})^{-1}$); *– ozn. różnicę istotną statystycznie
Table 4. Regression analysis of osmotic dehydration of apple (solids gain SG (g (g i.d.m.)^{-1}) and water loss WL ($\text{g H}_2\text{O} \cdot (\text{g i.d.m.})^{-1}$) and rehydration time of dried apples on relative dry matter loss (g (g d.m.)^{-1}); *– statistically significant difference

Warunki odwadniania /rehydracji Conditions of dehydration/rehydration		Regresja liniowa Linear regres- sion $y = a + b \cdot x$	Współczyn- nik korelacji Coefficient of correlation	p			
Stęż. roztworu sacharozoy Concentration of sucrose solution (%)	30	Czas rehydracji Rehydration time (h)	1	$y = \Delta s$ $x = SG$	a = 0,604 b = 0,153	0,323	0,306
	60				a = 0,601 b = 0,235	0,501	*0,097
	30				a = 0,829 b = 0,072	0,251	0,432
	60				a = 0,832 b = 0,076	0,371	0,236
Stęż. roztworu sacharozoy Concentration of sucrose solution (%)	30	Czas rehydracji Rehydration time (h)	1	$y = \Delta s$ $x = WL$	a = -1,711 b = 4,008	0,662	*0,038
	60				a = -2,366 b = 3,843	0,663	*0,019
	30				a = 0,819 b = 0,038	0,346	0,271
	60				a = 2,513 b = 0,191	0,625	*0,030

W zależności od warunków odwadniania osmotycznego współczynnik korelacji mieścił się zakresie od 0,58 do 0,78 (tab. 3). Większe wartości względnego przyrostu masy rehydrowanych suszy następowały po uzyskaniu większego przyrostu masy suchej substancji i ubytku wody z jabłek podczas wstępnego osmotycznego odwadniania.

Przyrost masy suchej substancji do jabłek podczas wstępnego odwadniania osmotycznego SG nie miał istotnego wpływu na względny ubytek suchej substancji Δs w czasie rehydracji (tab. 4). Wykazano natomiast istotną zależność pomiędzy względnym ubytkiem suchej substancji po rehydracji Δs a ubytkiem wody z jabłek odwadnianych osmotycznie WL .

WNIOSKI

1. Parametry osmotycznego odwadniania jabłek, jak stężenie sacharozy w zakresie 30-60%, grubość próbek w zakresie 0,5-1,5 cm oraz czas rehydracji w zakresie 1-4 h miały istotny wpływ na względny przyrost masy oraz ubytek suchej substancji podczas rehydracji suszonych jabłek.

2. Niższe stężenie roztworu sacharozy oraz mniejsza grubość próbek wpływały na zwiększenie względnego przyrostu masy w suszach jabłkowych. Podczas rehydracji różnice te były bardziej widoczne w przypadku rehydracji prowadzonej przez 1 h w porównaniu z rehydracją 4-godzinną.

3. Wykazano niską korelację pomiędzy względnym przyrostem masy w rehydrowanych suszach a przyrostem masy suchej substancji, który nastąpił podczas wstępnej obróbki osmotycznej. Współczynnik korelacji w tych przypadkach nie przekraczał wartości 0,56. Większą zależność wykazano w przypadku względnego przyrostu masy w rehydrowanych suszach jabłkowych w porównaniu z ubytkiem wody uzyskanym po wstępnej obróbce osmotycznej. W zależności od warunków odwadniania osmotycznego współczynnik korelacji mieścił się zakresie od 0,58 do 0,78.

4. Nie wykazano korelacji pomiędzy ubytkiem suchej substancji w suszach po rehydracji a przyrostem masy suchej substancji po osmotycznym odwadnianiu. Istotny wpływ na ubytek suchej substancji w rehydrowanych suszach jabłkowych miały zmiany ubytków wody po wstępnym odwadnianiu owoców.

PIŚMIENNICTWO

- Amami E., Fersi A., Khezami L., Vorobiev E. i Kechaou N., 2007. Centrifugal osmotic dehydration and rehydration of carrot tissue pre-treated by pulsed electric field. *LWT*, 40, 1156-1166.
- Cerkowiak M., Danak A., Witrowa-Rajchert D. i Lewicki P.P., 1998. Struktura i właściwości rekonstytucyjne suszonego ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 454, 469-475.
- Genskow L.R., 1988. Considerations in drying consumer products, VI International Drying Symposium. eds M.A. Roques, A.S. Mujumdar, Versailles, France, 39-46.
- Kaleta A., Górnicki K., Kościukiewicz A., 2006. Wpływ parametrów suszenia od obniżonym ciśnieniem na kinetykę rehydracji suszu z korzenia pietruszki. *Inżynieria Rolnicza*, 4(79), 69-77.
- Kowalska H., Marzec A., Sądzińska M. (2010): Zmiany aktywności wody i tekstury jabłek odwadnianych osmotycznie i wzbogacanych w wapń. *Acta Agrophysica* 2010, nr 182, Vol. 16 (2), 337-345.
- Krokida M.K. i Marinos-Kouris D. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of*

- Food Engineering, 57(1), 1-7.
- Lewicki P.P. 1998. Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of Food Engineering*, 36, 81-87.
- Lewicki P.P., Witrowa-Rajchert D., Łazuka W. 1994. Zmiany właściwości rehydracyjnych ziemniaków w procesie suszenia konwekcyjnego. VIII Sympozjum Suszarnictwa Warszawa, 149-162.
- Mastrocola D., Dall Rosa M., Massini R. 1997. Freeze-dried strawberries rehydrated in sugar solutions: mass transfers and characteristics of final products. *Food Research International*, Vol. 30, No. 5, 359-364.
- McMinn W., Magee T., 1997. Quality and physical structure of a dehydrated starch-based system, *Drying Technology*, 15(6/8), 1961-1972.
- Moreira R., Chanlo F., Chaguri L. i Fernandes C. 2008. Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering*, 86, 584-594.
- Stępień B. 2007. Wpływ metody suszenia na rehydrację selera. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 255-262.
- Stępień B. 2008. Rehydration of carrot drying using various methods. *Acta Agrophysica*, 11(1), 239-251.
- Witrowa-Rajchert D. 2004. Rehydracja jako wskaźnik zmian zachodzących w tkance roślinnej w czasie suszenia. *Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 25(3/4), 2051-2060.
- Witrowa-Rajchert D., Radecka-Wierzbicka M. 2005. Wpływ techniki suszenia konwekcyjnego na wybrane wyznaczniki jakości suszonej tkanki roślinnej. *Inżynieria Rolnicza*, 9 (69) 387-395.
- Woźnica A. i Lenart A. 2005. Rehydracja i adsorpcja pary wodnej przez liofilizowane truskawki. *Inżynieria Rolnicza*, 11 (71), 523-532.

EFFECT OF OSMOTIC PRETREATMENT ON SELECTED REHYDRATION PROPERTIES OF DRIED APPLES

Hanna Kowalska, Agata Marzec, Katarzyna Omen

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Technology
Warsaw University of Life Sciences, SGGW
ul. Nowoursynowska 159c, 02-776 Warszawa
e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl

Abstract. The aim of this study was to present the effect of osmotic dehydration pretreatment of apples cv. Idared on their rehydration properties. Osmotic dehydration of apples in sucrose solution with a concentration of 30 and 60% at 30 and 50°C for 0.5, 1.0 and 1.5 h was used before drying. The thickness of the samples in the shape of plate with dimensions of 25 x 25 mm was 0.5 and 1.5 cm. Rehydration properties of dried apples, analysed on the basis of the relative mass gain and loss of dry matter, depended on the concentration of osmotic solution and the initial thickness of the samples. The lower concentration of sucrose solution and smaller thickness of samples influenced the increase of relative mass gain in dried apples, but the differences were less apparent in the case of rehydration carried out for 4 h compared with 1-hour rehydration. Changes in solids gain and water loss during the initial osmotic dehydration of apples before convection drying partly correlated with the relative increase in the mass loss of dry matter in rehydration dried apples. Analysed indicators of rehydration were more dependent on the degree of samples dehydration expressed as water loss from apples than the increase in weight of solids gain.

Key words: dried apple, osmotic pretreatment, rehydration