

OCENA PRZYDATNOŚCI WYBRANYCH ODMIAN JABŁEK DO ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO

Hanna Kowalska, Andrzej Lenart, Barbara Krzywda

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie: Jabłka odmian Elise, Gloster i Szampion pokrojone w kostki o boku 10 mm odwadniano osmotycznie w roztworze sacharozy o stężeniu 61,5% w temperaturze 30°C. Czas odwadniania wynosił od 0 do 20 godz. Odmiana jabłek miała wpływ na przebieg odwadniania osmotycznego. Najlepszy efekt odwadniania osmotycznego uzyskano w przypadku jabłek odmiany Elise. Obniżenie zawartości wody i przyrost suchej masy były w nich największe. Jabłka odmiany Elise charakteryzowały się największą, a odmiany Szampion najmniejszą podatnością na wnikanie cukrów bezpośrednio redukujących i ogółem. W wyniku odwadniania osmotycznego jabłek po 20 godzinach nastąpiło zwiększenie o około 50% zawartości cukrów i kwasów w porównaniu z ich początkową ilością. Odmiana jabłek i czas odwadniania miały wpływ na zmiany barwy badanych jabłek. W najmniejszym stopniu ciemniały jabłka odmiany Szampion. Zmiany właściwości mechanicznych w większym stopniu nastąpiły w jabłkach twardszych niż w miękkich. Wartość siły maksymalnej przy 20% odkształceniu wysokości próbek uległa 36-krotnemu zmniejszeniu w odwadnianych jabłkach odmiany Elise oraz 29- i 25-krotnemu w przypadku jabłek odmiany Gloster i Szampion w porównaniu z surowcem. Do opisu odwadniania osmotycznego jabłek może być przydatny model Pelega.

Słowa kluczowe: model Pelega, właściwości mechaniczne, zawartość cukrów

Wprowadzenie

Zastosowanie odwadniania osmotycznego w przetwarzaniu żywności wynika z polepszenia cech jakościowych produktu. Proces ten może być stosowany jako jeden z etapów produkcji żywności przy wykorzystaniu różnych surowców roślinnych [Salwatori i in. 1998; Salwatori i Alzamora 2000; Rastogi i in. 2002].

Interesujące jest poznanie wpływu odmiany na kinetykę odwadniania osmotycznego jabłek, właściwości mechaniczne i skład produktu końcowego. Każda odmiana charakteryzuje się specyficzną zawartością wody, cukrów, kwasów i wyróżnia się inną podatnością na brązowienie miąższu. Ponadto posiada indywidualne właściwości mechaniczne, strukturę i jędrność miąższu. Cechy te mają wpływ na obniżenie zawartości wody, stopień wnikania substancji osmotycznej oraz właściwości fizycznych i zmiany składu chemicznego odwadnianych osmotycznie jabłek [Barat, Chiralt 2001; Kowalska, Lenart 2001]. W wyniku odwadniania osmotycznego surowiec traci około 50% pierwotnej masy, a produkt końcowy charakteryzuje się obniżoną zawartością wody i większą zawartością suchej masy.

Wraz z wodą usuwane są kwasy organiczne i inne niskocząsteczkowe substancje rozpuszczalne w wodzie (związki mineralne, witaminy, barwniki, cukry proste). Zmniejszona kwasowość odwadnianych jabłek oraz obecność cukrów, które wniknęły do wnętrza z roztworu osmotycznego podczas odwadniania, wpływa na około 3-krotne zwiększenie stosunku zawartości cukrów w odniesieniu do ilości kwasów organicznych [Lenart i Lewicki 1981].

Zmiany barwy i szybkie ciemnienie rozdrobnionych jabłek stwarza problemy w technologii owoców mało przetworzonych. Ciemnienie jabłek zależy od ich stopnia dojrzałości; szybciej ciemnieją owoce mniej dojrzałe wskutek większej zawartości kwasu askorbinowego i aktywności polifenolooksydazy katalizującej reakcje utleniania polifenoli [Biegańska-Marecik i Czapski 2003]. Podczas odwadniania osmotycznego zawartość kwasu askorbinowego ulega obniżeniu wskutek dyfuzji w niskiej temperaturze, a w wysokiej - w wyniku degradacji chemicznej. Salwatori i in. [1998] wykazali, że deformacja ścian komórkowych podczas odwadniania osmotycznego związana jest ze zmianami w błonie komórkowej zachodzącymi podczas skurczu komórek w wyniku usuwania wody. Skurcz materiału roślinnego powoduje zmniejszenie objętości cieczy utrzymywanej naturalnie w tkance [Fito i Chiralt 2000]. Utrata jędrności w wyniku zmniejszania turgoru komórek prowadzi do obniżenia wytrzymałości materiału wywołanego zjawiskami odkształceń i relaksacji zwiórczałych ścian [Barat i in. 2001]. Jakubczyk i in. [1997] wykazali, że odwadnianie osmotyczne jabłek powoduje 4-krotne obniżenie twardości jabłek odmiany Idared w porównaniu z surowcem. Częściowe usztywnienie ścian komórkowych następuje w wyniku wysycania ich cukrem.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie wpływu odmiany jabłek na kinetykę odwadniania osmotycznego z uwzględnieniem zmian składu chemicznego, barwy i właściwości mechanicznych otrzymanego produktu.

Metodyka

Do badań użyto jabłka odmian Elise, Gloster i Szampion pokrojonych w kostki o boku 10 mm przechowywane w tych samych warunkach (3 miesiące, 1,5-2°C, wilgotność względna powietrza 80-90%), a bezpośrednio przed eksperymentem przetrzymywane w temperaturze pokojowej przez 15 godzin. Jabłka odwadniano osmotycznie w roztworze sacharozy o stężeniu 61,5%. Czas odwadniania wynosił od 0 do 20 godz. Odwadnianie osmotyczne prowadzono przez 5, 15 i 30 min oraz 1, 3 i 20 godzin w temperaturze 30°C.

Oznaczano masę próbki przed i po eksperymencie oraz zawartość suchej masy metodą suszarkową. Zawartość cukrów bezpośrednio redukujących *CBR*, cukrów ogółem *CO* i sacharozy ΔS oznaczono metodą Luffa-Schororla. Kwasowość ogólną *KO* jabłek w przeliczeniu na kwas jabłkowy oznaczono według PN-90/A75101/04. Ponadto wykonano pomiar barwy za pomocą chromometru MINOLTA CR-300 przy układzie barwy $L^*a\ b$ w świetle odbitym. Zmiany właściwości mechanicznych określano na podstawie wartości

maksymalnej siły ściskania przy wykorzystaniu teksturometru Texture Analyser TA-XT2. Test ściskania jabłek wykonano przy prędkości $5 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do odkształcenia 20% wysokości materiału.

Szczegółowe badania dotyczyły analizy ubytku masy ΔM [%], przyrostu suchej masy PM $\text{g} \cdot (\text{g p.s.s.})^{-1}$, ubytku wody ΔW $\text{g}(\text{g p.s.s.})$, normalizowanej zawartości wody NZW [-], normalizowanej zawartości przyrostu suchej masy NPS [-].

Do opisu odwadniania osmotycznego badanych jabłek zastosowano empiryczny model Pelega, który był wcześniej użyty do opisu odwadniania osmotycznego jabłek [Salwatori i Alzamora 2000], a także pomidorów [Azoubel i Murr, 2004]:

$$Y = Y_o \pm \frac{t}{k_1 + k_2 \cdot t} \quad (1)$$

gdzie:

- Y – normalizowana zawartość wody, NZW lub przyrost suchej masy NPM ,
- k_1, k_2 – stałe parametry równania oraz t - czas [min].

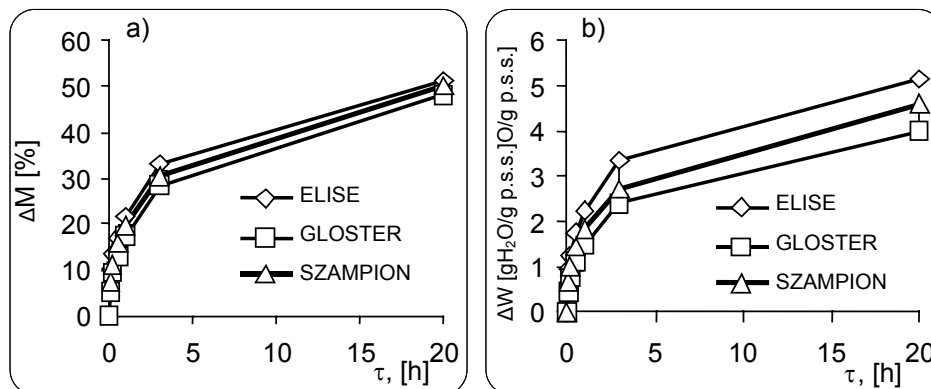
Wyniki opracowano statystycznie przeprowadzając jednoczynnikową analizę wariancji (Multifactor ANOVA) i sprawdzono efekty współdziałań pomiędzy parami cech na podstawie określenia najmniejszej istotnej różnicy (NIR) przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki badań i ich analiza

Ubytki masy badanych odmian jabłek w największym stopniu ulegały zwiększeniu na początku odwadniania osmotycznego przez 60 min (rys.1a). Po tym czasie masa jabłek odmiany Elise zmniejszyła się o około 22%, a w przypadku odmian Szampion i Gloster odpowiednio o około 20 i 18%. Dalsze odwadnianie nie przebiegało już tak dynamicznie, co spowodowane było zmianą struktury surowca oraz ograniczeniem wymiany masy wskutek znacznego ubytku wody (rys. 1b) i wysyceniem warstw zewnętrznych przez substancję osmotyczną. Po 20 godzinach procesu masa odwadnianych jabłek uległa zmniejszeniu o około 50%. Największy ubytek masy stwierdzono w jabłkach odmiany Elise charakteryzujących się największą początkową zawartością wody, a najmniejszy w jabłkach odmiany Gloster. Nie były to jednak różnice istotne statystycznie.

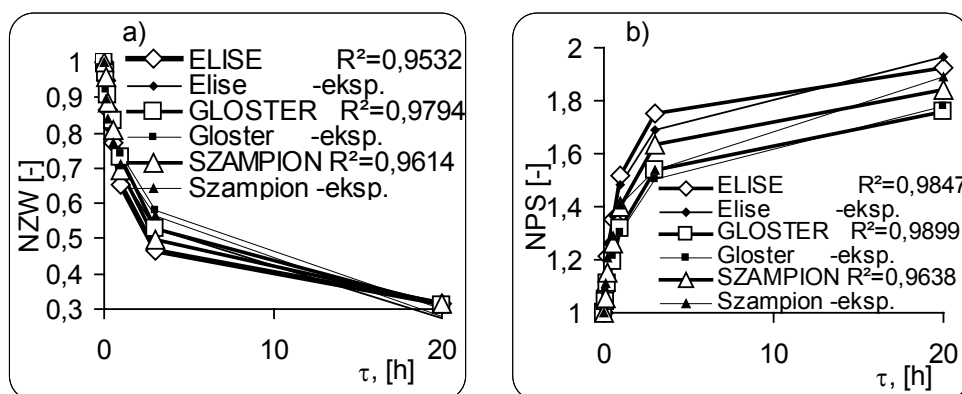
Jabłka odmiany Elise, podobnie jak w przypadku ubytku masy, charakteryzowały się największym ubytkiem wody wynoszącym około $2,25 \text{ gH}_2\text{O} \cdot (\text{gp.s.s.})^{-1}$ po 60 min osmotycznego odwadniania (rys 1b). Natomiast ubytek wody z jabłek odmiany Gloster i Szampion był odpowiednio o około 34 i 17% mniejszy niż z jabłek Elise. Uzyskane różnice były istotne statystycznie.

Przyrost masy suchej substancji, będący wynikiem koncentracji składników ekstraktu oraz wnikaniem substancji osmotycznej, w dużej mierze zależał zarówno od ilości usuwanej wody, jak i wnিকającej sacharozy. Do opisu zmian zawartości wody i przyrostu suchej masy w przeliczeniu na ich wartości początkowe (normalizowane) z dużym powodzeniem zastosowano równanie Pelega (rys. 2a, 2b). Wartość współczynników korelacji w przypadku normalizowanej zawartości wody wynosiła od ponad 0,95 do około 0,98, a dla normalizowanego przyrostu suchej masy od ponad 0,96 do 0,99.



Rys. 1. Odwadnianie osmotyczne jabłek różnych odmian: a) ubytki masy $\Delta M=f(\tau)$, b) ubytki wody $\Delta W=f(\tau)$

Fig. 1. Osmotic dehydration of apples of different varieties: a) mass loss $\Delta M=f(\tau)$, b) water loss $\Delta W=f(\tau)$



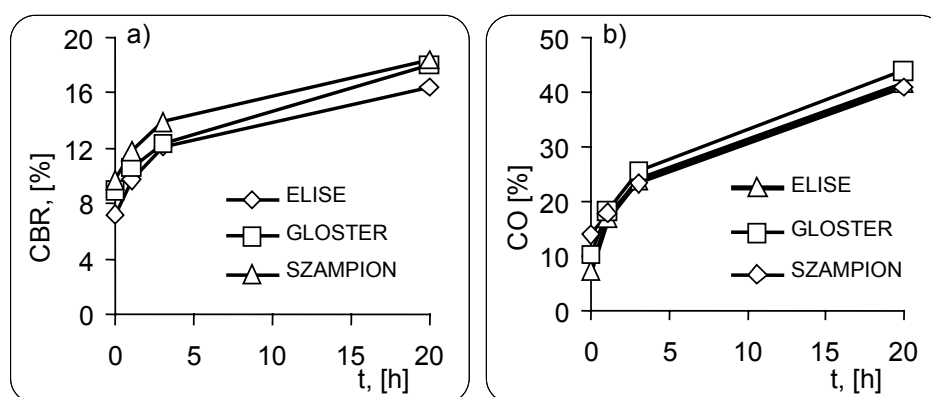
Rys. 2. Odwadnianie osmotyczne jabłek różnych odmian: a) normalizowana zawartość wody, $NZW=f(\tau)$, b) normalizowany przyrost suchej masy $NPS=f(\tau)$

Fig. 2. Osmotic dehydration of apples of different varieties: a) normalized water content, $NZW=f(\tau)$, b) normalized increase of dry matter $NPS=f(\tau)$

Jabłka odmiany Elise o największej początkowej zawartości wody odznaczały się największym stopniem obniżenia zawartości wody po procesie odwadniania (rys. 2a). Jednocześnie już po 60 minutach nastąpiło znaczące obniżenie tego parametru - od około 43% w przypadku odmiany Gloster do 54% w jabłkach odmiany Elise. 20-godzinne odwadnianie osmotyczne badanych odmian jabłek spowodowało obniżenie zawartości wody o 83-86%. Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że odmiana jabłek nie miała

wpływu na uzyskanie różnic istotnych statystycznie pod względem zawartości wody. Natomiast wielkość przyrostu suchej masy w większym stopniu zależała od odmiany, ale różnice istotne statystycznie odnotowano w jabłkach dopiero po 60 minutach odwadniania (rys. 2b). Po 3 godzinach osmotycznego odwadniania jabłek odmiany Gloster i Szampion stwierdzono około 30 i 19% mniejszy przyrost suchej masy niż w jabłkach odmiany Elise.

Zmiany zawartości cukrów w czasie odwadniania osmotycznego jabłek zależały od ich początkowej zawartości oraz ilości sacharozy, która wniknęła podczas badanego procesu.



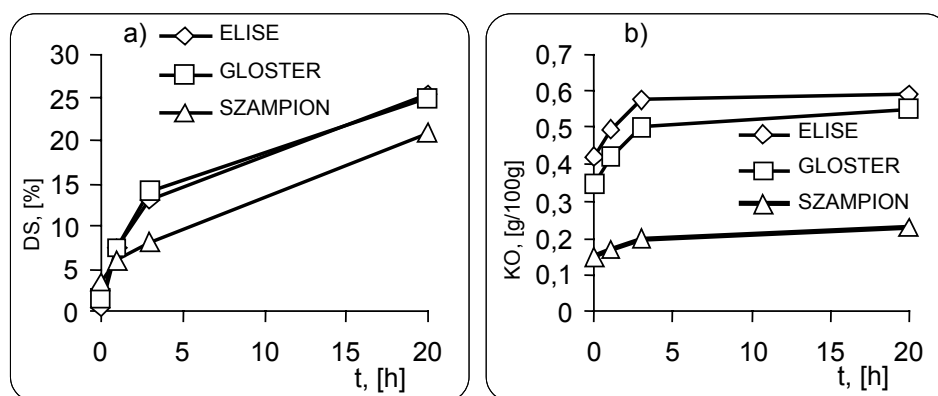
Rys. 3. Odwadnianie osmotyczne jabłek różnych odmian: a) zawartość cukrów bezpośrednio redukujących $CBR=f(\tau)$, b) zawartość cukrów ogółem $CO=f(\tau)$

Fig. 3. Osmotic dehydration of apples of different varieties: a) directly reducing sugar content $CBR=f(\tau)$, b) sugar content in total $CO=f(\tau)$

Największą zawartość cukrów bezpośrednio redukujących, zarówno początkową, jak i po odwadnianiu, wykazano w jabłkach odmiany Szampion, a najmniejszą w jabłkach Elise (rys. 3a). Jednakże w odniesieniu do początkowej ich zawartości w surowcu stwierdzono, że jabłka odmiany Elise charakteryzowały się znacznie większą podatnością na zwiększanie zawartości cukrów bezpośrednio redukujących wraz z upływem czasu ich odwadniania w porównaniu z odmianami Gloster i Szampion. Pomimo że początkowa zawartość cukrów ogółem w badanych jabłkach mieściła się w zakresie od 7,6 do 14,2%, a podczas odwadniania ich zawartość była zbliżona (rys. 4a), odmiana jabłek miała istotny wpływ na zmiany zawartości cukrów ogółem (rys. 3b). Po 20 godzinach odwadniania jabłek odmiany Elise zawartość cukrów ogółem uległa zwiększeniu blisko 6-krotnie, podczas gdy w jabłkach odmiany Gloster 4-krotnie, a Szampion 3-krotnie.

Ilość sacharozy uwarunkowana była zawartością cukrów ogółem. Jabłka odmiany Elise o największej zawartości tych cukrów charakteryzowały się największą zawartością sacharozy (rys. 4a). Potwierdza to również największy przyrost suchej masy w tych jabłkach. Po 20 godzinach odwadniania jabłek odmiany Elise zawartość sacharozy, w odniesieniu do

wartości początkowej, była w nich około 3 i 10-krotnie większa w porównaniu z odmianą Gloster i Szampion. Jednocześnie jabłka Elise i Gloster charakteryzowały się bardzo zbliżoną końcową zawartością sacharozy (około 25%), a jabłka odmiany Szampion, o znacznie ograniczonej zdolności jej wnikania, zawierały około 20% mniej sacharozy.



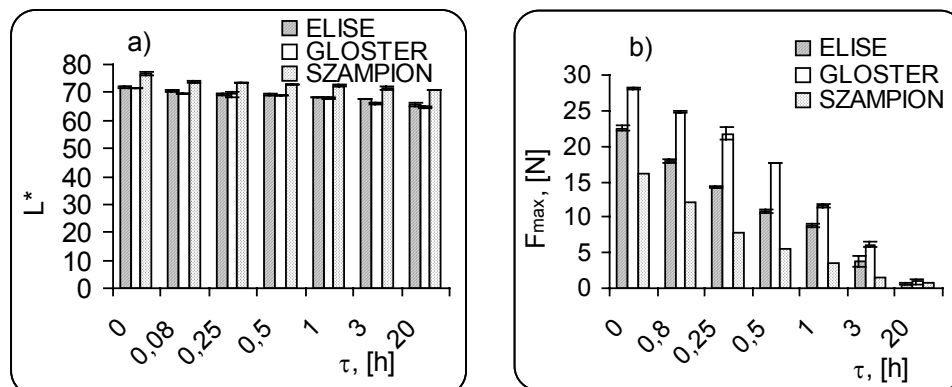
Rys. 4. Odwadnianie osmotyczne jabłek różnych odmian: a) zawartość sacharozy $\Delta S=f(\tau)$, b) kwasowość ogólna $KO=f(\tau)$

Fig. 4. Osmotic dehydration of apples of different varieties: a) content of sucrose $\Delta S=f(\tau)$, b) general acidity $KO=f(\tau)$

Kwasowość ogólna KO , wyrażona jako zawartość kwasu jabłkowego w badanych odmianach owoców zależała od początkowej zawartości kwasów organicznych i ulegała zwiększeniu wraz z wydłużaniem czasu odwadniania osmotycznego o 40-58% po 20 godz. (rys. 4b). W surowych jabłkach Gloster i Elise była na zbliżonym poziomie, odpowiednio około 0,42 i 0,35 oraz znacznie mniej 0,15g kw. jabłk./100g w przypadku odmiany Szampion. Podobne tendencje utrzymały się w jabłkach odwadnianych osmotycznie.

Czas odwadniania osmotycznego i odmiana jabłek miała wpływ na intensywność barwy badanych odmian (rys. 5a). Największą jasnością L^* odznaczała się odmiana Szampion (około 77 w surowych i 71-74 po odwadnianiu). Odmiana Gloster i Elise charakteryzowały się zbliżoną jasnością barwy o wartości L^* mniejszym o około 5%.

Odwadnianie osmotyczne jabłek spowodowało zmiany ich struktury. W wyniku zmniejszenia masy, głównie przez utratę wody, a tym samym zmniejszenia turgoru komórek, jabłka odwadniane osmotycznie wykazywały mniejszą wytrzymałość na ściskanie (rys. 5b). Wartość siły maksymalnej przy 20% odkształceniu uległa 36-krotnemu zmniejszeniu w jabłkach odmiany Elise oraz 29- i 25-krotnemu w przypadku odmiany Gloster i Szampion.



Rys. 5. Odwadnianie osmotyczne jabłek różnych odmian: a) współczynnik jasności barwy $L^*=f(\tau)$, b) u) maksymalna siła odkształcenia $F_{max}=f(\tau)$

Fig. 5. Osmotic dehydration of apples of different varieties: a) factor of color brightness $L^*=f(\tau)$, b) u) maximum deformation force $F_{max}=f(\tau)$

Wnioski

1. Spośród badanych odmian najlepszy efekt odwadniania osmotycznego uzyskano w przypadku odwadniania jabłek odmiany Elise. Stwierdzono największe obniżenie zawartości wody i przyrostu suchej masy. Zastosowany model Pelega może być przydatny do opisu badanego procesu odwadniania osmotycznego jabłek.
2. Jabłka odmiany Elise charakteryzowały się największą, a odmiany Szampion najmniejszą podatnością na wnikanie cukrów bezpośrednio redukujących i ogółem. W wyniku odwadniania osmotycznego jabłek po 20 godzinach nastąpiło zwiększenie o około 50% zawartości cukrów i kwasów w porównaniu z początkową ilością. Zmiany zawartości cukrów były charakterystyczne dla danej odmiany.
3. Analizowane odmiany odwadnianych jabłek charakteryzowały się zróżnicowaną podatnością na zmiany barwy. Najmniej ciemniały jabłka odmiany Szampion.
4. Zmiany właściwości mechanicznych w większym stopniu nastąpiły w jabłkach twardszych niż w miękkich. Wartość siły maksymalnej przy 20% odkształceniu uległa 36-krotnemu zmniejszeniu w jabłkach odmiany Elise oraz 29- i 25-krotnemu w przypadku jabłek odmiany Gloster i Szampion.

Bibliografia

- Azoubel, P., & Murr, F. E. X. 2004. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *J. Food Eng.*, 61. s. 291-295.
- Barat J.M., Chiralt A., Fito P. 2001. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *J. Food Eng.*, 49 (2/3). s. 77-85.
- Biegańska-Marecik R., Czapski J. 2003. Porównanie przydatności odmian jabłek do produkcji plasterów o małym stopniu przetworzenia. *Acta Scientiarum, Technologia Alimentaria* 2(2). s. 115-127.

- Fito P., Chiralt A.** 2000. Osmotic dehydration an approach to the modeling of solid food liquid operations. Food Engineering 2000, eds. Fito P., Omega-Rodriguez E., Barbosa Cánovas G.V. International Thompson Publishing. s. 230-250.
- Jakubczyk E., Sitkiewicz I., Lewicki P.P.** 1997. Mechanical properties of dried apples. Conference Proceedings, International Conference of PhD Students, Miscole, Węgry. s. 25-31.
- Kowalska H., Lenart A.** 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. J. Food Eng., 49 (2/3). s. 137-140.
- Lenart A. i Lewicki P.P.** 1981. Dyfuzja wody w tkance jabłka podczas osmotycznego odwadniania. Zesz. Nauk. Rol. Warszawa 243. s. 223-235.
- Rastogi N.K., Raghavarao K.S.M.S., Niranjan K., Knorr D.** 2002. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer, Trends in Food Sci. and Techn. (13) 2. s. 48-59.
- Salwatori D., Andres A., Albors a., Chiralt A., Fito P.** 1998. Analysis of the structural and compositional profiles in osmotically dehydrated apple tissue. Journal Food Sci., 63 (4). s. 606-610.
- Salwatori D., Alzamora S.** 2000. Structural changes and mass transfer during glucose infusion on apples as affected by blanching and process variables. Drying Technology 18. s. 361-382.

A SUITABILITY ASSESSMENT OF SELECTED APPLE VARIETIES FOR OSMOTIC DEHYDRATION

Summary. Apple varieties Elise, Gloster and Szampion cut into cubes with a side dimension of 10 mm were osmotically dehydrated in sucrose solution with concentration of 61.5% at 30°C. Dehydration time ranged from 0 to 20 hours. Apple variety had influence on the osmotic dehydration process. The best effect of osmotic dehydration was achieved for apple variety Elise. There were the highest decrease of water content and increase of dry matter. For description of osmotic dehydration of apples Pelega model can be useful. Apple variety Elise showed the highest, and variety Szampion the lowest susceptibility to penetration of sugars of direct reduction effect and in total. As a result of osmotic dehydration of apples after 20 hours, the content of sugars and acids increased by approx. 50% when compared to their initial amount. Apple variety and dehydration time had effect on color changes of tested apples. Apple variety Szampion darkened to the least extent. Harder apples underwent greater changes of mechanical properties than soft ones. The value of maximum force for 20% deformation of sample height dropped by 36 times in non-dehydrated apple variety Elise and 29 and 25 times in apple varieties Gloster and Szampion when compared to the raw product.

Key words: Pelega model, mechanical properties, sugar content

Adres do korespondencji:

Hanna Kowalska; e-mail: hanna_kowalska@sggw.pl
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159C
02-787 Warszawa