

*Ewa Jakubczyk, Urszula Ksionek*  
*Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,*  
*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

## **WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE SUSZÓW JABŁKOWYCH O ŚREDNIEJ ZAWARTOŚCI WODY**

### **Streszczenie**

Celem pracy było przedstawienie charakterystyki właściwości mechanicznych jabłek suszonych do poziomu średniej zawartości wody. Jabłka odwadniano osmotycznie-konwekcyjnie przy zastosowaniu roztworów sacharozy, syropów wiśniowego i jabłkowego. Badano również wpływ dodatku kwasu mlekowego do roztworów osmotycznych na cechy mechaniczne suszów. Sacharoza wnikała do wnętrza materiału usztywniała wewnętrzne struktury tkankowe, wpływając na wyższe wartości siły i pracy cięcia jabłek odwadnianych osmotycznie-konwekcyjnie. Zastosowanie syropów jabłkowego i wiśniowego ograniczało wartości siły maksymalnej i pracy cięcia suszonych jabłek, co wskazywać mogło na ich mniejszą twardość. Dodatek kwasu mlekowego do roztworów odwadniających istotnie wpływał na obniżenie odporności na cięcie suszów.

**Słowa kluczowe:** jabłka, odwadnianie osmotyczne, suszenie, reologia

### **Wprowadzenie**

Żywność typu IMF (Intermediate Moisture Food) jest żywnością o średniej zawartości wilgoci (10-50%), zawierająca jednak tyle wody, iż może być spożywana bez uwadniania. Owoce i warzywa, z których usunięto wodę do poziomu średniej zawartości wody zachowują w większym stopniu aromat i teksturę surowca, iż produkty suszone do stałej masy. Produkty IMF mają zastosowanie, jako dodatek do muesli, jogurtów, produktów mlecznych, ciast, lodów, słodczy, kaszek owocowych, oraz zup i sosów [Lenart 1996].

W dotychczasowych badaniach pojawiały się rozwiązania, w których obniżenie aktywności wody surowców uzyskiwano poprzez dodatek substancji wiążących wodę lub dzięki zabiegom technologicznym z zastosowaniem składników takich

jak sacharoza, syrop skrobiowy czy dekstroza [Jayaraman 1988]. Technika często stosowaną przy produkcji owoców i warzyw IMF jest suszenie owiewowe poprzedzone odwadnianiem osmotycznym. Aktywność wody tej żywności wynosząca od 0,65-0,9 ogranicza znacznie warunki rozwoju mikroorganizmów [Lenart 1996]. Odwadnianie osmotyczne polega na usunięciu wody z produktu bez przemiany fazowej w stężonych roztworach substancji osmoaktywnych [Karel 1980]. Uzyskane w ten sposób półprodukty nie są dostatecznie trwałe i powinny zostać poddane innym operacjom w celu uzyskania żywności o średniej zawartości wody. Całkowitą trwałość zapewnia dopiero dodatkowe utrwalenie, którym najczęściej jest suszenie [Lenart, Iwaniuk 1993].

W produkcji żywności typu IMF oprócz dążenia do zapewnienia trwałości, istotnym elementem jest uzyskanie produktu o kontrolowanej i atrakcyjnej teksturze. Ze względu na wartości aktywność wody podzielono produkty spożywcze na grupy o różnych charakterystykach teksturalnych. Jedną z grup obejmuje żywność o średniej zawartości wody w zakresie aktywności wody od 0,25 do 0,78, którą charakteryzują wyróżniki teksturalne takie jak: elastyczność, zwięzłość, jędrność, sprężystość [Bourne 1999].

Celem pracy było określenie właściwości mechanicznych jabłek suszonych do średniej zawartości wody przy wykorzystaniu różnych roztworów osmotycznych.

### **Metodyka badań**

Materiał do badań stanowiły jabłka odmiany Idared. Owoce były cięte na plastry o średnicy 31 mm i wysokości 6 mm. Odwadnianie osmotyczne prowadzono przy częstotliwości 100 Hz w temperaturze 80°C i w czasie 30 minut. Odwadniano w roztworach: sacharozy, syropu wiśniowego i jabłkowego. Stężenie roztworów wynosiło 61,5%. Analizę przeprowadzono również dla roztworów sacharozy i syropu wiśniowego wzbogaconych dodatkiem 1% kwasu mlekowego. Po procesie materiał suszono w suszarce konwekcyjnej przy obciążeniu sita 2 kg/m<sup>2</sup>, przy prędkości powietrza 1,7m/s i temperaturze 70°C do osiągnięcia  $a_w \sim 0,5$ .

Badanie właściwości mechanicznych przeprowadzono przy zastosowaniu teksturometru Texture Analyzer TA-TX2i (Stable Micro Systems Ltd.). Test cięcia wykonano przy zastosowaniu noża o długości 62 mm, szerokości 24 mm, grubości 0,5 mm. Test przeprowadzono do całkowitego przecięcia plastra z prędkością przesuwu głowicy 1 mm/s. Testy wykonano w 10 powtórzeniach dla każdego rodzaju materiału. Zawartość wody w materiale oznaczono metodą suszenia zgodnie z normą (PN-90A-75101). Aktywność wody określono za pomocą aparatu Hygroskop DT2 (Rotronic). Objętość próbek oznaczano metodą toluenową zgodnie

z metodyką podaną przez Mazza [1983]. Do oznaczenia wysokości i średnicy plastrów po suszeniu wybierano losowo 10 próbek, które mierzono z dokładnością  $\pm 0,1\text{mm}$ . Sporządzono krzywe cięcia w układzie przesunięcie (mm) - siła (N). Wyznaczono siłę maksymalną testu. Pracę ściskania obliczono jako pole pod krzywą obrazującą zmiany siły (N) w funkcji przesunięcia głowicy (mm) do osiągnięcia siły maksymalnej. Zmianę wysokości plastrów (parametr  $L_v$ ) określono jako stosunek wysokości próbek suszu do wysokości plastrów jabłek świeżych.

Skurcz materiału wyznaczono według wzoru:

$$S_v = 1 - \frac{V_t}{V_0} \quad (1)$$

gdzie:

$V_t$  – objętość średnia plastrów po suszeniu,  $\text{mm}^3$ ,

$V_0$  – objętość średnia plastrów surowca,  $\text{mm}^3$ .

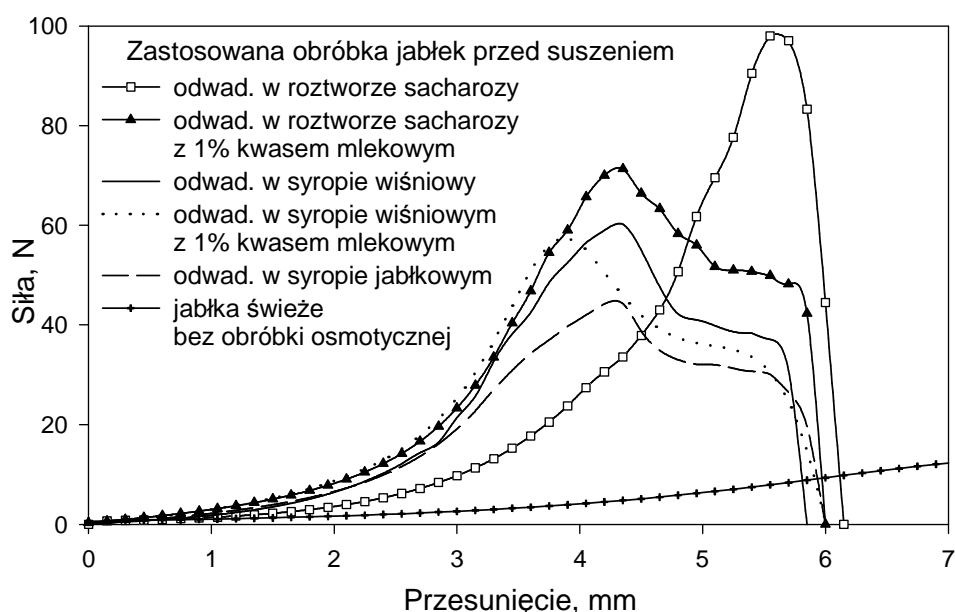
## Wyniki badań i ich analiza

Suszeniu konwekcyjnemu poddano zarówno jabłka świeże jak i owoce wstępnie odwodnione osmotycznie przy zastosowaniu różnych roztworów osmoaktywnych. Proces suszenia prowadzono w czasie od 85 min dla surowca (bez obróbki wstępnej) do 111 min dla jabłek wstępnie odwodnionych w roztworze sacharozy (tab. 1.).

*Tabela 1. Charakterystyka jabłek suszonych konwekcyjnie i osmotyczno-konwekcyjnie*  
*Table 1. Characteristics of osmotic-convention dried and air-dried apples*

Rodzaj zastosowanej obróbki jabłek przed suszeniem	Czas suszenia min	Zawartość wody w suszach, %	Aktywność wody $a_w$	Skurcz $S_v$	Param. $L_v$
Bez obróbki (świeże)	85	12,9	0,509	0,74	0,42
Odwadniane w sacharozie	111	16,4	0,542	0,67	0,57
Odwadniane w roztworze sacharozy z kwasem mlekowym	100	17,7	0,547	0,68	0,54
Odwadniane w syropie wiśniowym	94	13,5	0,529	0,66	0,60
Odwadniane w syropie wiśniowym z kwasem mlekowym	95	13,0	0,512	0,67	0,58
Odwadniane w syropie jabłkowym	97	18,2	0,560	0,67	0,58

W owocach odwadnianych osmotycznie, a następnie suszonych zawartość wody obniżyła się do poziomu 13,0-18,2% dając aktywność wody 0,512-0,560. Jabłka suszone wyłącznie konwekcyjnie osiągały końcową wilgotność 12,9% przy aktywności wody 0,509. W czasie suszenia następowało stopniowe zmniejszanie się wymiarów próbki, a szczególnie wysokości, natomiast średnica zmieniała się w niewielkim stopniu. Zastosowanie obróbki wstępnej pozwoliło na uzyskanie suszu porowatego, którego skurcz był średnio mniejszy o 12% w porównaniu do jabłek suszonych wyłącznie konwekcyjnie. Sacharoza wnikać do materiału ma działanie ochronne ograniczające skurcz materiału.

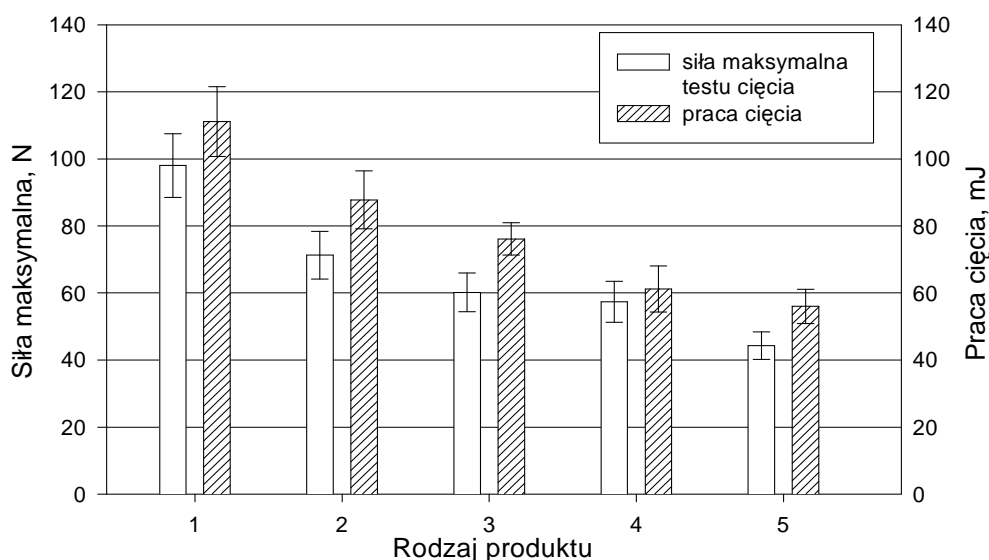


Rys. 1. Wpływ obróbki przed suszeniem na krzywe cięcia suszonych jabłek  
Fig. 1 Effect of treatment prior drying on cutting curves of dried apples

Na właściwości mechaniczne suszów o średniej zawartości wody istotnie wpływało zastosowanie obróbki przed suszeniem konwekcyjnym. W teście cięcia wszelkie zmiany wartości siły mogą być interpretowane jako przeszkody na drodze ostrza zagłębiającego się w badaną próbkę materiału. Na rysunku 1 przedstawiono krzywe cięcia jabłek suszonych konwekcyjnie i osmotyczno-konwekcyjnie. Jabłka suszone konwekcyjnie nie ulegały przecięciu, a w czasie testu dochodziło do płynięcia próbki i przeciśnięcia jej przez szczelinę pomiarową, co świadczyć może o gumistej strukturze materiału. Na początku testu cięcia dla owoców poddanych obróbce wstępnej dochodziło do ściskania i ścinania próbki, etap ten był wydłużony

dla jabłek odwadnianych osmotycznie-konwekcyjnie w roztworze sacharozy. Po usunięciu powietrza z materiału suszonego, dochodziło do koncentracji części stałych w próbce, co wpływało na wzrost siły do momentu przecięcia próbki. Mimo, iż przecięcie plastrów jabłek odwadnianych w roztworze sacharozy i suszonych rejestrowano po czasie średnio o 1,5 s dłuższym od innych materiałów to przecięcie następowało przy wyższej sile. Kształt krzywych cięcia otrzymanych dla suszów z jabłek wstępnie odwadnianych w soku wiśniowym i jabłkowym był zbliżony. Najniżej położoną krzywą spośród jabłek suszonych osmotycznie-konwekcyjnie była krzywa cięcia uzyskana dla suszu jabłek wstępnie odwadnianych w syropie jabłkowym.

Na rysunku 2 przedstawiono średnie wartości siły maksymalnej wyznaczone z 10 powtórzeń testu cięcia dla jabłek odwadnianych osmotycznie-konwekcyjnie.



Rys. 2. Wpływ obróbki osmotycznej na wartość siły maksymalnej i pracy cięcia suszonych jabłek: 1 – roztwór sacharozy, 2 – roztwór sacharozy z 1% kwasem mlekowym, 3 – syrop wiśniowy, 4 – syrop wiśniowy z 1% kwasem mlekowym, 5 – syrop jabłkowy

Fig. 2. Effect of osmotic treatment on maximal force and cutting work of dried apples: 1 – sucrose solution, 2 – sucrose solution with 1% lactic acid, 3 – cherry syrup, 4 – cherry syrup with 1% lactic acid, 5 – apple syrup

Jabłka odwadniane w roztworze sacharozy i suszone konwekcyjnie charakteryzowały się największą wartością siły cięcia. W procesie odwadniania, zastąpienie roztworu sacharozy roztworem syropu wiśniowego i jabłkowego obniżało wartość siły maksymalnej suszonych jabłek odpowiednio o 40-50%. Obecność kwasu mlekowego nie wpływała statystycznie istotnie na wartość siły maksymalnej jabłek odwadnianych w syropie wiśniowym i suszonych konwekcyjnie. Dodatek 1% kwasu mlekowego, jako substancji zakwaszającej do roztworu sacharozy wpływał na osłabienie struktury i zmniejszenie siły maksymalnej o 25%. Można przypuszczać, iż na właściwości mechaniczne otrzymanych produktów w większym stopniu miał wpływ rodzaj i skład chemiczny zastosowanego roztworu osmoaktywnego, niż różnice w końcowej wilgotności suszów.

Susze, które miały zbliżoną wilgotność i aktywność wody różniły się nie tylko przebiegiem krzywych cięcia, ale również wartością pracy cięcia. Praca cięcia jest często wskaźnikiem konsystencji materiałów, gdyż odpowiada ona pracy wykonywanej w czasie żucia [Oszmiański i in. 1986]. Największe wartości pracy uzyskano podczas cięcia produktów odwadnianych osmotyczno-konwekcyjnie z zastosowaniem roztworu sacharozy. Dodatek substancji zakwaszającej do roztworu odwadniającego miał wpływ na obniżenie wartości pracy cięcia suszów zarówno w przypadku zastosowania roztworu sacharozy, jak i syropu wiśniowego. Dodanie kwasu mlekowego wpływało na intensyfikację procesu odwadniania i większy ubytek wody. Owoce po obróbce osmotycznej w roztworze sacharozy (przed suszeniem) zawierały średnio 65,4% wody, zaś jabłka odwadniane z dodatkiem kwasu mlekowego – 55,3%. Wstępna obróbka osmotyczna z kwasem mlekowym decydowała o mniejszej sztywności i twardości suszonych jabłek.

Zastosowanie odwadniania osmotycznego jako obróbki wstępnej przed suszeniem oprócz obniżenia wilgotności jabłek do poziomu średniej zawartości wody, wpłynęło także na zwiększenie atrakcyjności gotowego produktu. Odwadnianie w soku jabłkowym miało wpływ na wzmocnienie smaku suszonych jabłek, zaś zastosowanie syropu wiśniowego nadawało owocom jasnoczerwoną barwę.

## **Wnioski**

Zastosowanie różnych roztworów odwadniających przed suszeniem konwekcyjnym miało istotny wpływ na cechy mechaniczne jabłek suszonych do średniej zawartości wody. Jabłka, które suszono bez wstępnej obróbki osmotycznej były gumiate, a wysoka wartość skurczu i obraz krzywych cięcia wskazywały na istotne zniszczenie struktury tkankowych i utratę jędrności materiału. Wyższą wartością pracy cięcia wynikającą m.in. z większej zawartości i twardości, charakteryzowały się jabłka odwadniane w roztworze sacharozy i suszone konwekcyjnie.

Sacharoza wnikała do materiału usztywniając wewnętrzne struktury tkankowe. Zastosowanie syropów jabłkowego i wiśniowego ograniczało wartość siły maksymalnej i pracę cięcia suszów, co wskazywać mogło na ich mniejszą twardość, ale i na większą sprężystość w porównaniu do owoców odwadnianych w roztworze sacharozy i suszonych. Syropy owocowe różniły się składem chemicznym, gdyż oprócz sacharozy zawierały również cukry proste, kwas cytrynowy, jabłkowy oraz składniki mineralne, co mogło mieć istotny wpływ na efekt odwadniania osmotyczno-konwekcyjnego. Dodatek kwasu mlekowego do roztworów odwadniających istotnie wpływał na obniżenie odporności na cięcie i mniejszą twardość suszów.

### **Bibliografia**

Bourne M.C. 1999. Water activity: Food texture, In: Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology (ed. F.J. Francis), Second Edition, str. 2614-2630.

Jayaraman K.S. 1988. Development of intermediate moisture tropical fruit and vegetable productions – technological problems and prospects, In: Food Preservation by Moisture Control (ed. C.C. Seow), Elsevier Applied Science, London, str.175-198.

Karel M. 1980. Teoria procesów suszenia, W: Nowe metody zagęszczania i suszenia żywności (red. A. Spicer), WNT, Warszawa, str. 53-100.

Lenart A. 1996. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application, *Drying Technol.*, 14 (2), str. 391-413.

Lenart A., Iwaniuk B. 1993. Właściwości rekonstrykcyjne owoców i warzyw suszonych sposobem osmotyczno-konwekcyjnym, *Przem. Spoż.*, 47(1), str. 11-15.

Mazza G. 1983. Dehydration of carrots. Effect of pre-drying treatments on moisture transport and product quality, *J. Food Technol.*, 18(1), str. 113-123.

Oszmiański J., Mimault J., Phan P.A. 1986. Wpływ odwadniania i mrożenia na teksturę plastrów z jabłek, *Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu*, z. 163, str. 177-186.

## **MECHANICAL PROPERTIES OF INTERMEDIATE MOISTURE DRIED APPLES**

### **Summary**

The aim of this work was to determine the mechanical properties of dried apples at intermediate moisture level. Apples slices were subjected to osmotic dehydration in: sucrose solution, cherry syrup, and apple syrup. The dehydrated material was air dried to the intermediate moisture. The effect of lactic acid in osmotic solution on mechanical properties of dried apples was also investigated. The use of osmotic dehydration caused the penetration of sucrose into apple structure which had a significant effect on a greater stiffness of the inner tissue structures of dried material. Dried apples obtained by osmotic-convection method with apple and cherry syrups were less hard and but more flexible than apples pre-treated by osmosis in sucrose solution. The decrease in hardness and resistance of dried apples was a result of the presence of lactic acid in the osmotic solutions.

**Key words:** apples, osmotic dehydration, drying, rheology