

DOROTA NOWAK  
PRZEMYSŁAW KRZYWOSZYŃSKI

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW, Warszawa

# Wpływ metody suszenia na wytrzymałość mechaniczną suszu z selera korzeniowego

## Wstęp

Podczas procesu suszenia w materiale roślinnym zachodzą zmiany fizyczne i chemiczne. W rezultacie otrzymany susz może różnić się właściwościami mechanicznymi. O właściwościach suszonych warzyw decyduje zastosowana obróbka wstępna i metoda, parametry suszenia oraz cechy materiału [1, 2]. Właściwości mechaniczne warzyw zależne są od zawartości w nich wody [3].

Jednym ze sposobów określenia właściwości mechanicznych suszu jest test łamania próbki suszu za pomocą teksturometru. Nowak i Lewicki [4] badali tym sposobem plastry jabłka suszone promiennikowo. Analizując przebieg krzywych łamania w ich przebiegu można wyodrębnić kilka charakterystycznych wielkości: początkowy okres liniowej zależności siły od odkształcenia (wyrażone w  $N \cdot mm^{-1}$  określane jest jako chrupkość [5]), maksymalną siłę konieczną do odkształcenia (określana jest jako twardość materiału [6], ale także jako parametr chrupkości [5]) oraz pracę konieczną do zniszczenia próbki jako pole powierzchni pod krzywą łamania.

Analiza krzywych łamania uzyskanych dla plasterków jabłek suszonych podczerwienią pokazała, że poszczególne krzywe różnią się od siebie często w sposób znaczący. Różnice te tłumaczone są niejednorodnością materiału roślinnego [4]. Odporność materiału na ściskanie może być zależna od miejsca pobrania próbki.

Na rynku polskim zarejestrowane jest ponad 20 odmian selera korzeniowego. Odmiany te są zróżnicowane pod względem zawartości suchej substancji i składu chemicznego, struktury. Celem pracy było sprawdzenie hipotezy zakładającej, że odmiana selera różnicuje surowiec w takim stopniu, że otrzymany susz wykazuje różne właściwości mechaniczne, zależne właśnie od odmiany surowca.

## Materiał i metodyka

W badaniach zostało wykorzystane osiem odmian selera korzeniowego: *Mentor*, *Jabłkowy*, *Gol*, *Luna*, *Odrzański*, *Makar*, *Talar*, *Cisko*. Pochodziły one z Zakładu Hodowli i Nasiennictwa Ogrodniczego PlantiCo, Zielonki. Bulwy selera krojone były w plastry o grubości 6 mm i z nich wycinano walce o średnicy 30 mm.

Zastosowano suszenie konwekcyjne (KON) – temperatura powietrza wlotowego  $70^{\circ}C$ , prędkość przepływu powietrza –  $1,5 m \cdot s^{-1}$  oraz suszenie podczerwienią (IR) – natężenie promieniowania –  $8,7 kW/m^2$ , odległość lamp od materiału 20 cm, prędkość przepływu powietrza  $0,8 m \cdot s^{-1}$  (tak dobrana prędkość przepływu powietrza pozwoliła uzyskać końcową temperaturę materiału ok.  $70^{\circ}C$ ), temp. powietrza wlotowego

$22^{\circ}C$ . Suszono konwekcyjnie również materiał blanszowany (B+KON) (0,2% r-r kw. cytrynowego –  $90^{\circ}C$  przez 90 s).

Właściwości mechaniczne suszu badano przy użyciu teksturometru *Texture Analyser TA-XT2* firmy *Stable Micro System*. Zastosowano test odkształcenia przy stałej prędkości wynoszącej  $0,1 mm \cdot s^{-1}$ , z wykorzystaniem przystawki HD/3PB przeznaczonej do łamania próbek. Każdy test wykonany był na 15 plastrach materiału pochodzącego z każdego wariantu suszenia. Przed testem susze, przez 3 miesiące, przetrzymywano w ekwytorze nad chlorkiem wapnia o  $a_w = 0$  i w temp. ok.  $20^{\circ}C$  w celu otrzymania materiału o jednolitej aktywności wody. Testy prowadzono do momentu zniszczenia próbki.

Do obliczeń wykorzystano programy komputerowe *Microsoft Excel*, *Texture Analyser TA* (do wyznaczenia pola pod krzywą łamania) i *TableCurve 2D*. W opracowaniu statystycznym wykorzystano analizę wariacji i weryfikację hipotez przy zastosowaniu testu *t-Studenta*. Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

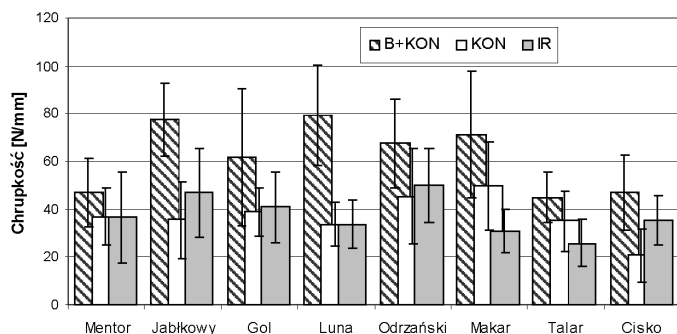
## Wyniki

Najwyższą wartość współczynnika kierunkowego prostoliniowego odcinka krzywej łamania w początkowym okresie trwania testu łamania próbek suszu (chrupkość), dla suszenia IR, stwierdzono dla selera odmiany *Odrzański*, najmniejszą dla odmiany *Talar* (Rys. 1). Dla materiału (KON) największą wartość uzyskano dla materiału odmiany *Makar*, a najmniejszą – dla odmiany *Cisko*. Materiał B+KON cechował się wyższą chrupkością – największą wartość uzyskano dla odmiany *Luna*, a najmniejszą dla odmiany *Talar*.

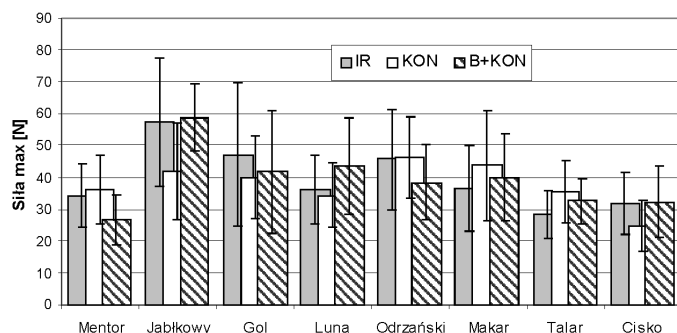
Wartości parametru określanego jako chrupkość, uzyskane dla materiału suszonego podczerwienią i konwekcyjnie, niezależnie od odmiany, nie różnią się statystycznie między sobą. W przypadku selera, podobnie jak w przypadku jabłek badanych przez Nowak i Lewickiego [7], sposób dostarczenia ciepła, bez zróżnicowania temperatury materiału, nie wpływał na chrupkość suszu.

Stwierdzono istotne zróżnicowanie tego parametru pomiędzy suszem otrzymanym dla poszczególnych odmian selera w suszeniu konwekcyjnym, i konwekcyjnym, poprzedzonym blanszowaniem. W przypadku każdej z odmian proces blanszowania, w końcowym efekcie, powodował statystycznie istotny wzrost chrupkości.

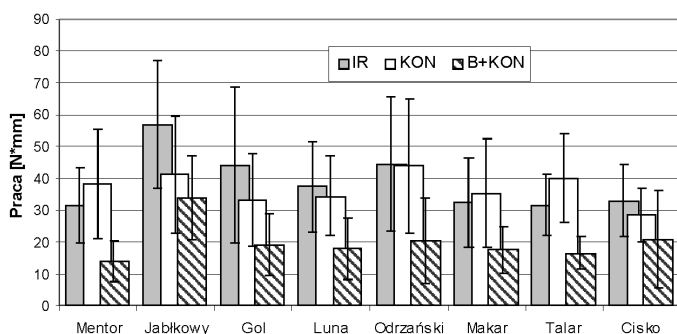
Po suszeniu podczerwienią (IR) największą maksymalną siłą potrzebną do zniszczenia próbki, wynoszącą  $57,2 N$  stwierdzono dla suszu odmiany *Jabłkowy*, a najmniejszą, wynoszącą  $28,4 N$ , dla materiału odmiany *Talar* (Rys. 2). W przypadku suszenia konwekcyjnego (KON) susz z odmiany *Odrzański* miał największą wartość tego wskaźnika, wynoszącą  $46,2 N$ , z odmiany *Cisko* najmniejszą, wynoszącą



Rys. 1. Wartości współczynników kierunkowych początkowych prostoliniowych odcinków krzywych łamania w zależności od jego odmiany i rodzaju suszenia (chrupkość)



Rys. 2. Maksymalna siła potrzebna do przełamania próbek suszu selera w zależności od jego odmiany i rodzaju suszenia



Rys. 3. Praca potrzebna do całkowitego zniszczenia próbek selera w teście łamania w zależności od jego odmiany i rodzaju suszenia

24,8 N. Proces blanszowania poprzedzający suszenie konwekcyjne nie różnicuje statystycznie istotnie wytrzymałości mechanicznej suszu określanej poprzez wartość siły trwale niszczonej próbki.

W przypadku suszu promiennikowego największa praca w teście łamania potrzebna była do zniszczenia próbek suszu selera odmiany *Jabłkowy* (57,0 N·mm), a najmniejsza – odmiany *Mentor* (31,5 N·mm) (rys. 3). Analogicznie dla suszenia konwekcyjnego, największą wartość pracy uzyskano dla odmiany *Odrzański* (43,9 N·mm), a najmniejszej dla odmiany *Cisko* (28,4 N·mm). Do zniszczenia próbek suszu selera blanszowanego przed suszeniem konwekcyjnym, w przypadku materiału odmiany *Jabłkowy* należało wykonać pracę 34,0 N·mm – max, najmniejszą z kolei w przypadku odmiany *Mentor* (14,2 N·mm). Wartości te jednak nie różnią się istotnie statystycznie pomiędzy sobą.

Niezależnie od odmiany, susze uzyskane w wyniku suszenia konwekcyjnego i promiennikowego nie różnią się statystycznie między sobą pod względem pracy łamania, podobnie jak i pod względem kruchości oraz wartości siły potrzebnej do zniszczenia próbki.

Odchylenie standardowe od wartości średnich wszystkich omawianych wskaźników cechujących właściwości mechaniczne są bardzo duże, wynoszą nawet kilkadziesiąt procent. Świadczy to o dużym zróżnicowaniu materiału. Próbki do badań pochodziły z losowo wybranych części bulwy korzenia. *Kramkowski* i wsp., badając odporność na ściskanie selera suszonego sublimacyjnie stwierdzili, że strefą selera korzeniowego najbardziej odporną na ściskanie jest warstwa znajdująca się przy korzeniu. Jest to prawdopodobnie związane z budową morfologiczną selera. Z powodu tego zróżnicowania statystyczna analiza wyników nie wykazuje istotnych różnic w większości przypadków. Jednak trudno nie zwrócić uwagi na omawiane tendencje zależności pomiędzy badaną odmianą a wartością wskaźników wytrzymałości mechanicznej, które wskazują na najwyższą wytrzymałość mechaniczną odmiany *Jabłkowy*, najniższą zaś dla odmiany *Talar* i *Cisko*.

### Podsumowanie

Właściwości mechaniczne suszu różnią się znacząco w ramach jednej próby przeprowadzonej w 15 powtórzeniach, o czym świadczą uzyskane znaczne odchylenia standardowe. Jest to konsekwencją głębokich zróżnicowań struktury wewnętrznej bulwy selera. Proces blanszowania ma znaczący wpływ na właściwości mechaniczne. Powoduje on bowiem zmniejszenie pracy potrzebnej do zniszczenia próbek suszu badanych odmian selera oraz znaczący wzrost chrupkości materiału. Nie stwierdzono jednoznacznego zróżnicowania pomiędzy właściwościami mechanicznymi suszu selera różnych odmian ani zróżnicowania pomiędzy właściwościami mechanicznymi suszu otrzymanego metodą konwekcyjną (bez blanszowania) i promiennikową. Proces blanszowania powodował znaczący wzrost chrupkości suszu większości odmian oraz zmniejszenie pracy łamania. Natomiast nie powodowało zmian wartości siły, przy której następowało zniszczenie próbki.

### LITERATURA

1. *D. Piotrowski, A. Lenart*: Przem. Ferment. i Owocowo-Warzywny, **41**, nr 2, 24, (1997).
2. *P.P. Lewicki*: International Journal of Food Properties, **1**, nr 1, 1, (1998).
3. *S.J. Kowalski*: Inżynieria Chemiczna i Procesowa, Zeszyty Naukowe PŁ, **24** (1999).
4. *D. Nowak, P.P. Lewicki*: Inżynieria Rolnicza, **38**, nr 5, 155, (2002).
5. *E. E. Katz, T.P. Labuza*: Journal of Food Science, **46**, (1981).
6. *F. Hsieh, L. Hu, H.E. Huff, I.C. Peng*: Leben. Wissenschaft und Technologie, **23** (1990).
7. *D. Nowak, P.P. Lewicki*: Drying Technol., **23** nr 4, 831, (2005).
8. *D. Nowak, W. Pomarańska-Łazuka, P.P. Lewicki*: Suszenie selera korzeniowego przy zastosowaniu promieniowania podczerwonego. Materiały XI Konferencji Naukowo-Technicznej BEMS (2004).

**Prezentowane wyniki uzyskano w badaniach współfinansowanych ze środków budżetowych przyznanych na lata 2007-2010 na realizację projektu badawczego nr N312 050 32/2700**