

## WŁAŚCIWOŚCI LEPKOSPREŻYSTE MIAŻSZU BULW ZIEMNIAKA RÓŻNEJ WIELKOŚCI

*Janusz Kolowca<sup>1</sup>, Barbara Krzysztofik<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Podstaw Budowy Maszyn, Akademia Rolnicza

<sup>2</sup>Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza

ul. Balicka 104, 30-149 Kraków

e-mail: krzysztofik@ar.krakow.pl

**Streszczenie.** Przeprowadzono testy pełzania z odciążeniem na walcowych próbkach miąższu pobranych z bulw o szerokości 30-40 mm oraz > 60 mm. Próbki z drobniejszych bulw podlegały mniejszym odkształceniom pełzania oraz charakteryzowały się większym modułem lepkości. Takie zróżnicowanie właściwości reologicznych bulw różnej wielkości może być spowodowane odmienną budową anatomiczną: rozmiarami i strukturą komórek.

**Słowa kluczowe:** bulwa ziemniaka, właściwości reologiczne

### WSTĘP

Dokładne rozpoznanie układu maszyna – roślina uwarunkowane jest w dużej mierze rozwojem badań w zakresie reologii strukturalnej, nauki wiążącej zjawiska reologiczne, czyli płynięcie i odkształcenia materii w czasie, z jej budową wewnętrzną. Charakterystyka strukturalno-reologiczna różnych materiałów roślinnych może być bardzo przydatna konstruktorom maszyn, których projekty muszą zapewniać wysoką jakość produktu końcowego, co w przypadku ziemniaka wiąże się z minimalizacją uszkodzeń mechanicznych bulw powstających w trakcie różnych procesów technologicznych [2].

Uszkodzenia, różnej wielkości, zarówno zewnętrzne i wewnętrzne, są wynikiem mechanicznego oddziaływania elementów zespołów roboczych maszyn, co z kolei powoduje trwałe odkształcenia bulw. Bulwy bardziej wytrzymałe, o więk-

szej sprężystości, będą uszkodzane w mniejszym stopniu niż pozostałe. Ma to związek z ich budową wewnętrzną.

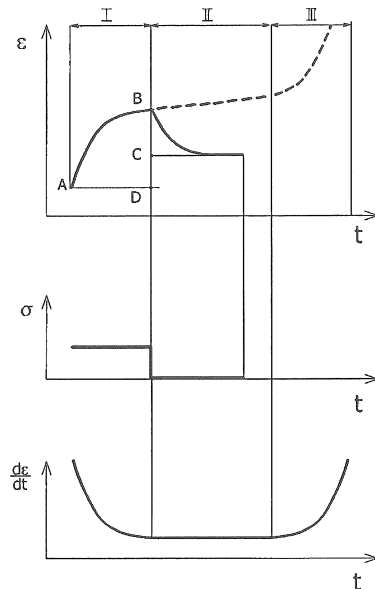
Hudson [1] stwierdził, że bulwy o większych komórkach, większej objętości przestrzeni międzykomórkowych i mniejszym ciężarze właściwym mają głębsze obicia. Badania przeprowadzone przez Krzysztofik [2] potwierdziły, że uszkodzenia bulw były dodatnio skorelowane m.in. z objętością komórek w tkance miękiszowej bulwy. Również Pawlak i Król [4] uważają, że cechy geometryczne komórek tkanki miękiszowej mają istotny wpływ na ich wytrzymałość, a najłatwiej ulegają uszkodzeniom komórki największe.

Wyraźne zróżnicowanie rozmiarów i struktury komórek występuje u bulw różnej wielkości, bowiem wzrost bulw nie jest jednakowy, a ich rozrzut wielkości jest cechą odmianową, ale silnie modyfikowany przez fenotyp, głównie dostęp do wody, światła i węglowodanów. Wzrostowi objętości bulwy towarzyszy rozrastanie się komórek miękiszowych, oraz perydermy poprzez podziały komórek (wzrost liczby warstw). Na ogół, bulwy rozmiarowo większe, lecz charakteryzujące się tym samym stopniem dojrzałości, co bulwy mniejsze, mają komórki o większych rozmiarach w tkance miękiszowej. Większe komórki i cieńsze ściany komórkowe charakteryzują bulwy o mniejszej odporności na uszkodzenia mechaniczne [3].

#### MATERIAŁ I METODA

Aby wykazać wpływ wielkości bulwy na właściwości lepkosprężyste jej miąższu, do badań wzięto dwie frakcje bulw ziemniaka odmiany Salto, o wymiarach 30-40 mm i > niż 60 mm szerokości, z których pobierano próbki w kształcie walca o wymiarach  $\phi$  14,4 x 15 mm. Próbki wykrawano poprzecznie do największego wymiaru bulwy, z głębokości większej niż 5,1 mm, co odpowiada strefie uszkodzeń ciężkich [2]. Następnie ściskano je pomiędzy dwoma meta-łowymi płytkami wzdłuż wysokości walca.

Właściwości reologiczne oceniano na podstawie prób pełzania, polegających na rejestracji odkształcenia w czasie przy stałym obciążeniu. Celowa jest tutaj także obserwacja nawrotu próbki po zdjęciu obciążenia zewnętrznego. Nawrót charakteryzuje właściwości lepkosprężyste materiału. Z przebiegu pełzania i nawrotu można wyznaczyć m.in. zakresy odkształceń oraz prędkości pełzania i nawrotu (rys. 1).



**Rys. 1.** Krzywa pełzania z odciążeniem.  
 BD – odkształcenie pełzania (odkształcenie sumaryczne),  
 BC – odkształcenie nawrotu (odwracalne odkształcenie sprężyste),  
 CD – odkształcenie trwałe (nieodwracalne odkształcenie plastyczne),  
 I – pełzanie pierwszorzędowe, II – pełzanie drugorzędowe, III – pełzanie trzeciorzędowe.

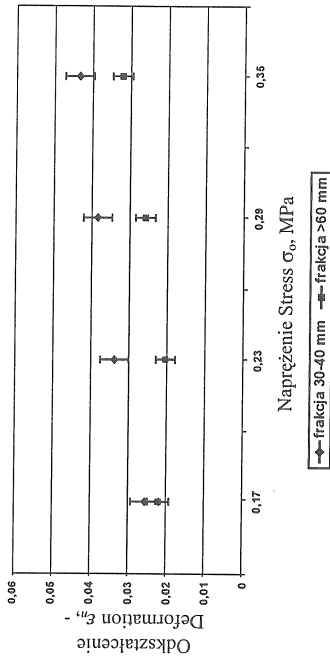
**Fig. 1.** Creep with an alleviation curve.  
 BD – creep deformation (summary deformation),  
 BC – return deformation (reversible flexible deformation),  
 CD – permanent deformation (non-reversible plastic deformation),  
 I – first rate crawling, II – second rate crawling, III – third rate crawling.

#### WYNIKI BADAŃ

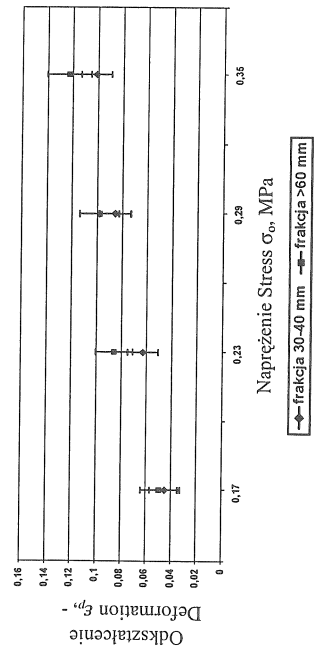
Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 2-8, gdzie podano średnie wartości oraz 95% przedziały ufności dla wyznaczanych parametrów oceny właściwości reologicznych:  $\varepsilon_p$  (odkształcenie pełzania),  $\varepsilon_n$  (nawrót),  $\varepsilon_n/\varepsilon_p$ ,  $V_I$  (prędkość pełzania),  $m_I$  (moduł pełzania jako stosunek zastosowanego naprężenia do prędkości pełzania),  $E$  (moduł lepkiej sprężystości),  $K_I$  (współczynnik lepkości dla odkształceń trwałych).

Stwierdzono istotne zróżnicowanie właściwości reologicznych materiału pobranego z bulw o różnych rozmiarach. I tak, dla próbek pobranych z bulw mniejszych, wykazano:

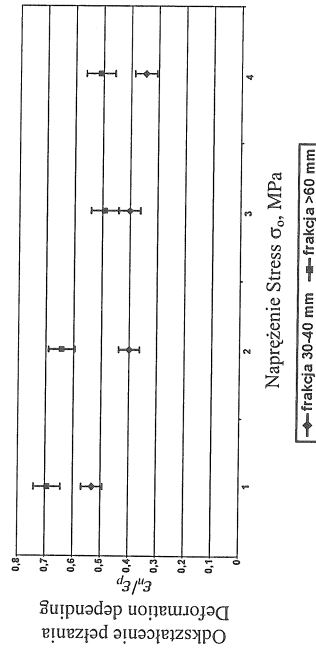
- mniejszą podatność na odkształcenia pełzania (rys. 2),
- większy nawrót lepkosprężysty (rys. 3),
- mniejsze odkształcenie trwałe, a więc większy udział odkształcenia nawrotu do sumarycznego odkształcenia pełzania (rys. 4),
- mniejszą prędkość pełzania (rys. 5),
- większy moduł pełzania (rys. 6),
- większy moduł lepkosprężystości (rys. 7),
- większy współczynnik lepkości odpowiadający za odkształcenia trwałe (rys. 8).



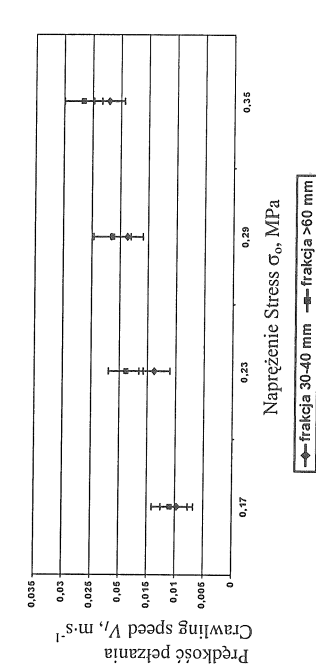
Rys. 2. Odształcenie pełzania  $\epsilon_p$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 2. Crawling deformation  $\epsilon_p$  depending upon the used stress  $\sigma_0$



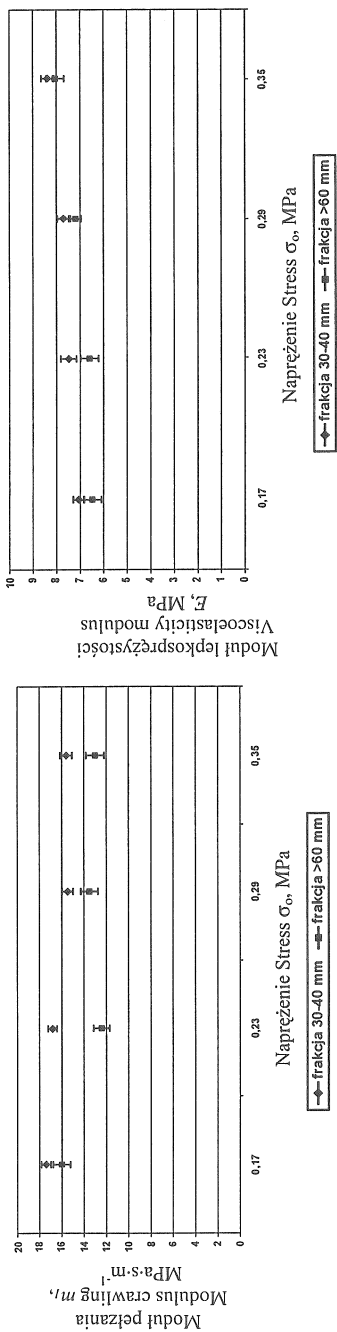
Rys. 3. Odształcenie nawrotu  $\epsilon_n$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 3. Return deformation  $\epsilon_n$  depending upon the used stress  $\sigma_0$



Rys. 4. Odształcenie pełzania  $\epsilon_n/\epsilon_p$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 4. Crawling deformation depending  $\epsilon_n/\epsilon_p$  depending upon the used stress  $\sigma_0$

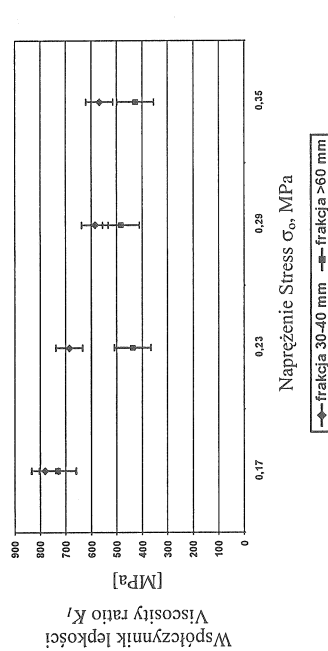


Rys. 5. Prędkość pełzania  $V_1$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 5. Crawling speed  $V_1$  depending upon the used stress  $\sigma_0$



Rys. 6. Moduł pełzania  $m_1$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 6. Modulus crawling  $m_1$  depending upon the used stress  $\sigma_0$

Rys. 7. Moduł lepkości  $E$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 7. Viscoelasticity modulus  $E$  depending upon the used stress  $\sigma_0$



Rys. 8. Współczynnik lepkości  $K_1$  w zależności od zastosowanego naprężenia  $\sigma_0$   
 Fig. 8. Viscosity ratio  $K_1$  depending upon the used stress  $\sigma_0$

Przedstawione spostrzeżenia mają związek z budową wewnętrzną bulw różnej wielkości, co jest powodem wyraźnego zróżnicowania właściwości lepko-sprężystych parametrów oceny dla bulw małych i dużych, i co może potwierdzać wyniki badań przytoczone w rozdz. 1 dotyczące wpływu wielkości bulwy na jej odporność na powstawanie uszkodzeń mechanicznych w różnych procesach technologicznych zbioru i obróbki pozbiorowej ziemniaków.

#### WNIOSEK

1. Stwierdzono wyraźne zróżnicowanie właściwości reologicznych miąższu w zależności od rozmiaru bulw. Próbki pobrane z mniejszych bulw podlegały mniejszym odkształceniom pełzania i charakteryzowały się większym modułem lepko-sprężystym. Wartości modułu lepkosprężystości dla bulw frakcji 30-40 mm wynosiły 7,0-8,5 MPa, a dla bulw frakcji powyżej 60 mm odpowiednio 6,5-8,0 MPa.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Hudson D.E.:** The relationship between blackspot and specific gravity to bruise dept in potatoes. *Am. Pot. Journ.*, 52, 9-14, 1975.
2. **Krzysztofik B.:** Wpływ wybranych czynników na budowę anatomiczną i odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. *Inżynieria Rolnicza*, nr 7/27, 2001.
3. **Lewosz I., Reda S., Ryś D., Jastrzębski K., Piątek I.:** Skład chemiczny bulw ziemniaka a ich odporność na uszkodzenia mechaniczne. *Biul. Inst. Ziemn.*, 18, 31-40, 1976.
4. **Pawlak K., Król A.:** Zmiany struktury tkanki bulwy ziemniaka w wyniku deformacji. *Acta Agrofizyka*, 24, 110-121, 1999.

#### PULP RHEOLOGICAL PROPERTIES OF TUBERS IN VARIOUS SIZES

*Janusz Kolowca<sup>1</sup>, Barbara Krzysztofik<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Basic Machine Construction Section, University of Agriculture

<sup>2</sup>Agricultural and Food Technology Section, University of Agriculture

ul. Balicka 104, 30-149 Kraków

e-mail: krzysztofik@ar.krakow.pl

**Abstract.** Crawling tests with alleviation were carried out on cylindrical samples. The samples were collected from tubers 30-40 mm in width or width of > 60 mm. Samples collected from smaller tubers were subjected to lower crawling deformation ranges and revealed a higher visco-elastic modulus. Such differentiation of rheological properties of tubers in various sizes resulted from varied anatomical structures, i.e.: cellular size and structure.

**Keywords:** potato tuber pulp, rheological properties