

## WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE SKÓRKI OWOCÓW POMIDORA W RÓŻNYCH TEMPERATURACH PRZECHOWYWANIA

*Anna Ciupak, Bożena Gładyszewska*

Katedra Fizyki, Uniwersytet Przyrodniczy, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: [anna.ciupak@up.lublin.pl](mailto:anna.ciupak@up.lublin.pl)

**Streszczenie.** W pracy zaprezentowano wyniki badań wpływu dwóch temperatur przechowywania (14°C i 21°C) na zmianę wybranych mechanicznych właściwości skórki owoców pomidora szklarniowego odmiany *Admiro*. Podczas składowania surowca w założonych warunkach temperaturowych wyznaczano wartości modułu Younga  $E$  i współczynnika Poissona  $\nu$ . Podstawę przeprowadzonych analiz stanowiły dane otrzymane podczas testów jednoosiowego rozciągania wypreparowanych próbek. Zaobserwowano wyraźne obniżenie wartości  $E$  po 8 dniach przechowywania dla owoców w temperaturze 14°C. Wartości współczynnika Poissona  $\nu$  różniły się w zależności od temperatury przechowywania.

**Słowa kluczowe:** skórka owoców pomidora, mechaniczne właściwości, moduł Younga, współczynnik Poissona

### WSTĘP

Potrzeba określania podstawowych cech materiału biologicznego, w tym jego mechanicznych właściwości, związana jest głównie z oceną produktu finalnego. Szczególnie ważne staje się to w przypadku produkcji ogrodniczej. Skala rozważanego problemu jest ogromna, gdyż delikatny materiał roślinny (owoce i warzywa) narażony jest na uszkodzenia na każdym etapie produkcji, zwłaszcza podczas zbioru. Zjawisko to wyraźnie występuje w trakcie niewłaściwego zbioru mechanicznego (Machado 1999), załadunku i transportu, sortowania, pakowania, a nawet przechowywania (Dobrzański 2008, Sargent 1992, Peleg 1984, O'Brien 1963). Pojawiające się obciążenia i naprężenia niszczące są naturalną konsekwencją wspomnianych wyżej sytuacji. Mechaniczne uszkodzenia obniżają wartość handlową produktów, a zmiany fizjologiczne (mięknięcie) w trakcie dojrzewania owoców i warzyw dodatkowo wpływają na wzrost podatności na uszko-

dzenia. Stąd też zewnętrzna powierzchnia owoców i warzyw (skórka) pełni rolę m. in. bariery ochronnej dla miękkich tkanek wewnętrznych, stanowi o spójności całego produktu, a także bierze udział w regulowaniu jego wzrostu (Bargel 2005, Andrews 2002).

Niebezpieczeństwo w bezpośrednim adaptowaniu klasycznej teorii elastyczności do badań surowców biologicznych dotyczy przede wszystkim założeń, na których opiera się teoria, a więc: homogeniczności materiału oraz jego małej odkształcalności (Voisey 1971). Jednak wiele zasad i równań klasycznej mechaniki znalazło zastosowanie w badaniach materiałów rolniczych (Morrow 1966). Podstawowymi wielkościami fizycznymi charakteryzującymi dany materiał roślinny pod kątem mechanicznych własności są przede wszystkim moduł Younga  $E$  oraz współczynnik Poissona  $\nu$  (Mohsenin 1970). Moduł sprężystości podłużnej  $E$  materiałów roślinnych jest często wyznaczany ze względu na to, że cechuje go niezależność wartości od wymiarów badanej próbki (Dobrzański, 2008).

Wielu badaczy wyznaczało wartość modułu Younga  $E$  dla skórek wyciętych z owoców pomidora i poddanych jednoosiowemu rozciąganiu (Bargel 2005, Bargel 2004, Matas 2004, Rajabipour 2004, Andrews 2002, Thompson 2001, Hershko 1994, Hankinson 1979, Voisey 1965). Autorzy tych badań wykorzystywali zwykle do tego celu popularne na rynku urządzenia wytrzymałościowe firmy Instron. Wyznaczenie wartości współczynnika Poissona  $\nu$  wiąże się z wystąpieniem pewnych trudności. Głównym problemem, w przypadku zastosowania wspomnianych wyżej urządzeń wytrzymałościowych, jest określenie poprzecznego odkształcenia próbki poddanej rozciąganiu. Trudności związane z podaniem konkretnych wartości reprezentujących zmiany podstawowych wymiarów rozciąganej próbki materiału powodują, że określanie w ten sposób współczynnika Poissona jest często pomijane w testach wytrzymałościowych materiałów roślinnych (Voisey 1971). Dobrzański i Rybczyński (2001) przeprowadzili pomiar skurczu pasków okrywy fasoli za pomocą ekstensometru. Najczęściej  $\nu$  wyznacza się wykorzystując znane wartości dwóch z trzech pozostałych podstawowych mechanicznych własności materiału tj. modułu odkształcalności objętościowej, modułu Younga oraz modułu Kirchhoffa. Inną stosowaną metodą określania wartości współczynnika  $\nu$  jest test jednoosiowego ściskania cylindrycznych próbek materiału biologicznego (Mohsenin 1970). Przykłady zastosowania tego sposobu prowadzenia pomiarów m. in. do całych jabłek lub tylko ich miąższu, do batatów czy ziemniaków podaje Hammerle (1971). Ściskanie cylindrycznych próbek wewnętrznych tkanek korzenia buraka cukrowego posłużyło do wyznaczenia wartości współczynnika Poissona w badaniach prowadzonych przez Bzowską-Bakalarz (1994). W swoich pracach wykorzystwała ona dwie techniki, a mianowicie ściskanie próbek między dwiema równoległymi płytkami (tzw. próbki wolne) oraz ściskanie walcowych próbek w cylindrze – stwarzając tym samym warunki trój-

siowego stanu naprężeń. Metodę polegającą na wyznaczeniu jednoosiowych modułów sprężystości walcowych próbek ściskanych swobodnie i w cylindrze zastosował Gołacki i Obroślak (1998) do określenia współczynnika Poissona korzeni marchwi. Możliwe jest także wyznaczenie lepkosprężystego współczynnika  $\nu$  dla materiałów pochodzenia roślinnego w warunkach obciążeń udarowych (Gołacki 2001). Kabas i in. (2008) wyznaczyli wartość współczynnika Poissona mierząc odkształcenie podłużne i poprzeczne pomidora podczas testu ściskania między dwiema płytkami.

Wyznaczanie podstawowych parametrów wytrzymałościowych różnych materiałów roślinnych było celem licznie realizowanych dotychczas prac badawczych wspomnianych autorów, lecz nieliczne dotyczą mechanicznych własności skórki owocu pomidora.

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie wartości modułu Younga  $E$  i współczynnika Poissona  $\nu$  podczas testów jednoosiowego rozciągania dla skórki owoców pomidora szklarniowego przechowywanych w różnych warunkach temperatury.

#### MATERIAŁ I METODY

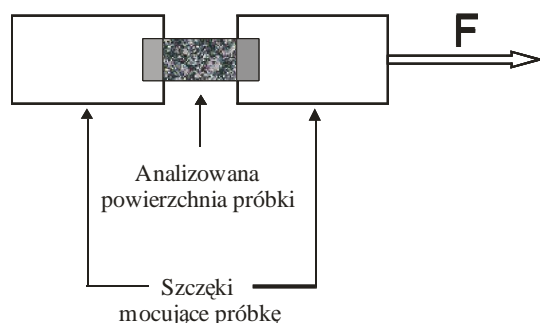
W badaniach laboratoryjnych wykorzystano owoce pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill) odmiany *Admiro* pochodzące z uprawy szklarniowej Zakładu Produkcji Ogrodniczej Kwietniewski w Chodlu w województwie lubelskim oraz Gospodarstwa Szklarniowego „Leonów” w Niemcach koło Lublina. Zebrane owoce pomidora (wczesne stadium dojrzałości – pomarańczowa barwa skórki) umieszczono w komorze klimatycznej w dwóch temperaturach 14°C i 21°C wymuszając tym samym ukończenie procesu dojrzewania w założonych warunkach termicznych. Temperatura 14°C jest też tą zalecaną przez Polskie Normy (1993) i Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa dla przechowywania pomidorów. Wybrana do badań temperatura 21°C symuluje warunki naturalnego obrotu detalicznego.

Prace badawcze przeprowadzono w latach 2007-2008. W przypadku przechowywania w temperaturze 14°C pierwsze pomiary wykonano bezpośrednio po zbiorze owoców z rośliny macierzystej, a następne zgodnie z założonym harmonogramem prac co 2-3 dni. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku owoców składowanych w temperaturze pokojowej, z tą jednak różnicą, że przed pierwszym pomiarem zebrane owoce umieszczone zostały w komorze klimatycznej w temperaturze 21°C na okres jednej doby. Wyjęte z komory owoce pomidora przetrzymywano w wyznaczonym miejscu do wyrównania ich temperatury z otoczeniem. Specjalnie wyprofilowanym nożykiem wycinano paski skórki o długości

około 30 mm i szerokości około 10 mm. Cięcia prowadzono w kierunku gniazda szypułkowego. Stosowana w badaniach metoda wymaga podania dodatkowo wartości trzeciego wymiaru charakterystycznego wyciętego paska – grubości. Pomiar tej wielkości dokonano przy użyciu mikroskopu okularowego (z dokładnością  $\pm 0,05$  mm) w 5 miejscach po obu stronach wyciętego paska.

### Metoda „losowych znaczników” i badania mikroskopowe

Aby wyznaczyć właściwości mechaniczne skórki owoców pomidora (cienkowarstwowego materiału biologicznego) wykorzystano metodę „losowych znaczników” opartą na analizie obrazu i odległości wzajemnie położonych punktów na powierzchni badanej próbki (Gładyszewska 2007). Zastosowanie wyżej wspomnianej metody w badaniach wytrzymałościowych pozwala uniknąć problemu z uwzględnianiem warunków brzegowych, a tym samym uniezależnia otrzymane wyniki od odkształceń w obszarze przekrojów krytycznych (Gładyszewska 2006). Wyznaczenie modułu Younga i współczynnika Poissona w oparciu o tę metodę polega na poddaniu wyprzebarowanych próbek – pasków skórki

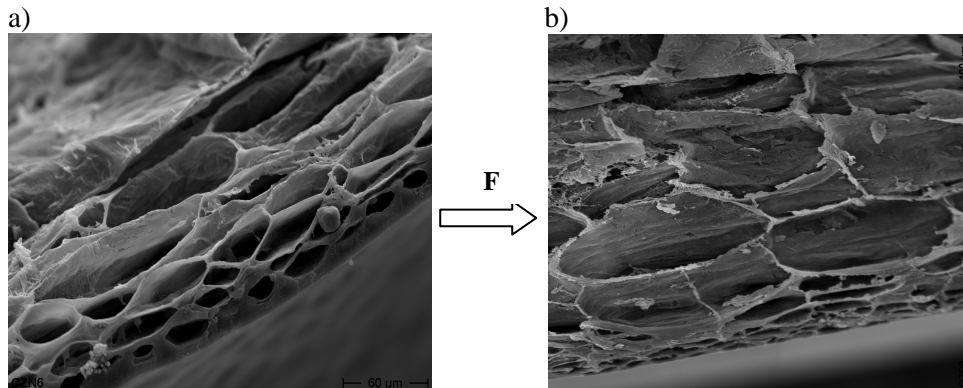


**Rys. 1.** Zamocowana próbka – pasek skórki owocu pomidora, w zaciskach maszyny wytrzymałościowej

**Fig. 1.** Tomato fruit skin sample fixed in clamps of the testing machine

owoców pomidora, testom jednoosiowego rozciągania. Schemat mocowania pasków skórki w badaniach wytrzymałościowych prezentuje rysunek 1. Stosowany test jednowymiarowego rozciągania należy do grupy metod destrukcyjnych. Stąd też ostatecznym wynikiem działania siły rozciągającej  $F$  jest zniszczenie próbki (przerwanie jej ciągłości). Wykonane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego w Centralnym Laboratorium Aparaturowym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie zdjęcia mikroskopowe doskonale prezentują to zjawisko. Przykładowe obrazy powierzchni przekrojów poprzecznych skórki przed i po deformacji zamieszczono na rysunku 2. Fotografie porównawcze przedstawiają skutki działania siły rozciągającej  $F$  na skórce owocu pomidora. O ile w przypadku niezniszczonej próbki materiału (rys. 2a) widać regularność kształtu budowy poszczególnych warstw komórek, to w skutek działania siły  $F$  warstwa komórek najmniejszych (tak dobrze widoczna na rys. 2a) ulega zgnieceniu a ściany komórek o większym rozmiarze (leżące nad warstwą komórek najbardziej zewnętrznych) wyraźnemu poszarpaniu struktury (rys. 2b).

W celu wyznaczenia modułu Younga i współczynnika Poissona w oparciu o tę metodę, wykonano badania wytrzymałościowe na próbkach skórki pomidora. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 1. Wyniki te potwierdzają, że skórka pomidora ma właściwości mechaniczne, które pozwalają na wyznaczenie modułu Younga i współczynnika Poissona. Wyniki te potwierdzają, że skórka pomidora ma właściwości mechaniczne, które pozwalają na wyznaczenie modułu Younga i współczynnika Poissona.



**Rys. 2.** Przekroje skórki owocu pomidora przed (a) i po (b) zniszczeniu  
**Fig. 2.** Cross-section of a tomato fruit skin before (a) and after (b) rupture

Każda przeprowadzona seria pomiarowa składała się z 30 powtórzeń. Wartość modułu Younga  $E$  dla każdej z próbek wyznaczono z tangensa kąta nachylenia prostej opisującej pojedynczą zależność  $\varepsilon_x = f(\sigma)$ , gdzie  $\varepsilon_x$  – względne wydłużenie w kierunku osi  $x$ ;  $\sigma$  – wartość naprężenia (MPa). Średnia arytmetyczna ze wszystkich 30 pomiarów jednostkowych była całkowitą wartością modułu sprężystości podłużnej. Wartość współczynnika Poissona  $\nu$  wyznaczono w oparciu o znaną zależność:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \quad (1)$$

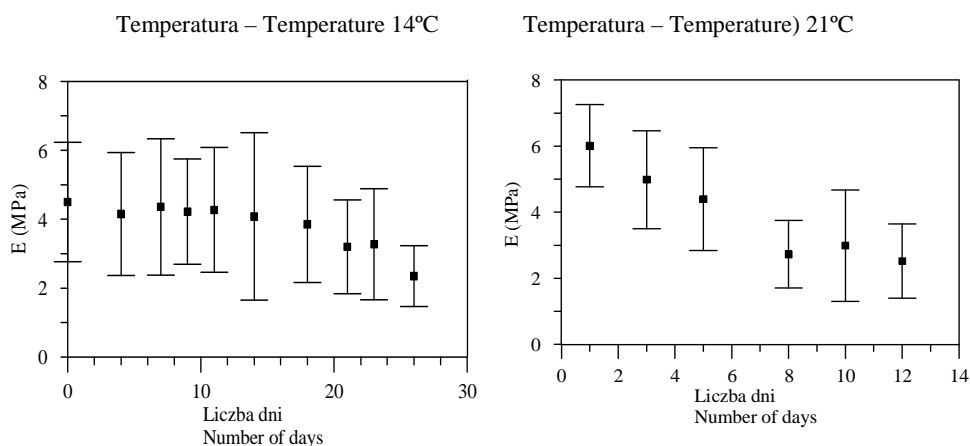
gdzie:  $\varepsilon_x$  – względne wydłużenie w kierunku zastosowanej siły rozciągającej  $F$ ,  
 $\varepsilon_y$  – względne skrócenie w kierunku prostopadłym do zastosowanej siły  $F$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Długotrwałe przechowywanie materiału roślinnego może wiązać się z wystąpieniem istotnych zmian teksturalnych i organoleptycznych. Temperatura i czas składowania oraz stopień dojrzałości wywierają wpływ na odczucia sensoryczne m. in. zmianę jędrności w wyniku postępującego mięknięcia i rozpadu struktury wewnętrznej surowca. Skórka owoców pomidora nie wykazuje tendencji do umocnienia a wręcz przeciwnie, staje się bardziej delikatna i podatna na uszkodzenia. Potwierdzają to również badania autorów, w których zaobserwowano obniżenie wartości modułu Younga  $E$  dla próbek otrzymanych ze skórki owoców pomidora przechowywanych w dwóch różnych temperaturach. Warunki, w których umieszczony jest składowany materiał wymuszają przebieg różnych proce-

sów biochemicznych, w wyniku których zachodzą zmiany strukturalne w obrębie geometrii tkanek i komórek roślinnych (Allende 2004).

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań odnotowano obniżenie, lecz nieistotne statystycznie, wartości modułu sprężystości podłużnej (rys. 3) od około 4,5 MPa – badanie w dniu zbioru pomidorów, do około 2,35 MPa po 26 dniach składowania w temperaturze 14°C, co stanowi ok. 50% spadek wartości E. Przechowywanie owoców w wyższej temperaturze spowodowało istotny, już po 8 dniach, spadek wartości modułu Younga o około 60% (od wartości ponad 6 MPa – po 1 dniu składowania w temperaturze 21°C do 2,5 MPa – wartość modułu w ostatnim 12 dniu przechowywania).



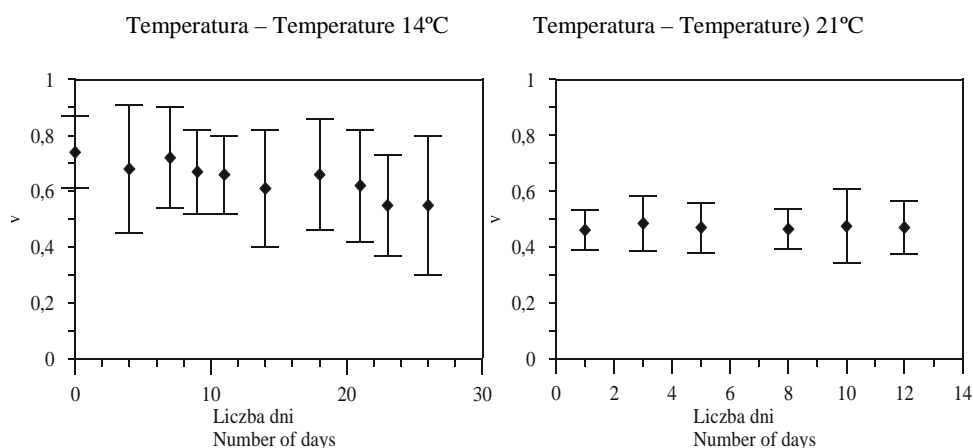
**Rys. 3.** Wartości modułu Younga  $E$  dla skórki pomidora podczas przechowywania owoców w temperaturach 14°C i 21°C

**Fig. 3.** The Young modulus of tomato skin samples for fruits stored at 14°C and 21°C

Dojrzewanie owoców pomidora w narzuconych warunkach termicznych nie miało wpływu na zmienność wartości drugiej rozważanej wielkości fizycznej – współczynnika Poissona  $\nu$ . Efekt prowadzonych prac zaowocował zaprezentowaniem otrzymanych wyników na rysunku 4. Dla średnich wartości (obliczonych z 30 powtórzeń) zanotowano nieznaczny, jednak nieistotny statystycznie, spadek wartości  $\nu$  wraz z wydłużaniem się czasu przechowywania: od około 0,74 w dniu zerwania pomidorów do około 0,55 po 26 dniach przechowywania w zadanych warunkach. Ponadto dla owoców pomidora umieszczonych w temperaturze 14°C zaobserwowano znaczny rozrzut wartości współczynnika Poissona  $\nu$  dla pojedynczych skórek (wynikający jak można przypuszczać ze specyficznych własności materiału biologicznego i prawdopodobnie z wpływu warunków temperaturo-

wych). Dla drugiej stosowanej temperatury przechowywania 21°C nie odnotowano już takiego rozrzutu oraz istotnych zmian wartości współczynnika  $\nu$ , którego wartość średnia kształtowała się w przedziale 0,46-0,48 (rys. 4), a rozrzut obejmował zakres 0,37-0,62.

Uzyskanie stanu pełnej dojrzałości przechowywanych w komorze klimatycznej owoców pomidora a tym samym i długość czasu trwania pomiarów skorelowane były z zastosowanymi temperaturami. Badania z wykorzystaniem owoców umieszczonych w komorze w 14°C ukończono po 26 dniach. Zaledwie 2 tygodnie trwały pomiary i składowanie surowca w temperaturze pokojowej. Decyzja o ukończeniu eksperymentu podyktowana była przede wszystkim postępującymi niekorzystnymi zmianami jędrności owoców, a tym samym niemożliwością dalszego skutecznego preparowania i mocowania pasków skórki w zaciskach maszyny wytrzymałościowej.



**Rys. 4.** Wartości współczynnika Poissona  $\nu$  dla skórki pomidora podczas przechowywania owoców w temperaturach 14°C i 21°C

**Fig. 4.** The Poisson ratio of tomato skin samples for fruits stored at 14°C and 21°C

Pomiar podstawowych własności mechanicznych cienkich warstw skórki owoców pomidora w oparciu o wykorzystaną metodę „losowych znaczników” pozwala na określenie dokładnych wartości modułu Younga. Jednak budowa anatomiczna tego materiału sprawia, że własności mechaniczne niemal każdej wypreparowanej do testów próbki są inne. Stąd też w przeprowadzonych pomiarach zaobserwowano duże wartości odchylenia standardowego dla badanego materiału. Problem ten jest często podnoszony przez badaczy różnych materiałów roślinnych, gdzie duże wartości współczynnika zmienności są często spotykane (Haliniarz 2006, Jakubczyk 2005).

## WNIOSKI

Długi okres przechowywania owoców pomidora w komorze klimatycznej w kontrolowanych warunkach temperaturowych sprawia, że zmianie ulegają podstawowe wielkości fizyczne charakteryzujące materiał roślinny pod względem mechanicznych własności. Przeprowadzone badania oraz analiza otrzymanych wyników prowadzi do sformułowania następujących wniosków:

1. W trakcie przechowywania owoców pomidora w temperaturze 14°C nastąpił nieznaczny i nieistotny statystycznie spadek wartości modułu Younga  $E$  z około 4,5 MPa do ok. 2,35 MPa oraz współczynnika Poissona  $\nu$  z 0,74 do 0,55 dla badanych próbek.

2. Zastosowanie temperatury przechowywania 21°C spowodowało końcowe obniżenie wartości  $E$  o około 60% (z ponad 6 MPa do 2,5 MPa), a istotne statystycznie różnice zaobserwowano już po 8 dniach.

3. Wartość współczynnika Poissona  $\nu$  dla owoców przechowywanych w temperaturze 21°C utrzymywała się w przedziale wartości 0,46-0,48.

## PIŚMIENNICTWO

- Allende A., Desmet M., Vanstreels E., 2004. Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility. *Postharvest Biology and Technology*, 34, 131-141.
- Andrews J., Adams S. R., Burton K. S., Edmondson R. N., 2002. Partial purification of tomato fruit peroxidase and its effect on the mechanical properties of tomato fruit skin. *Journal of Experimental Botany*, 53 (379), 2393-2399.
- Bargel H., Neinhuis C., 2005. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit growth and ripening as related to the biomechanical properties of fruit skin and isolated cuticle. *Journal of Experimental Botany*, 56(413), 1049-1060.
- Bargel H., Neinhuis C., 2004. Altered tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit cuticle biomechanics of a pleiotropic non ripening mutant. *Journal of Plant Growth Regulation*, 23, 61-75.
- Bzowska-Bakalarz M., 1994. Właściwości mechaniczne korzeni buraków cukrowych. *Rozprawy Naukowe 166*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.
- Dobrzański jr. B., Rybczyński R., 2008. Właściwości fizyczne i biochemiczne materiałów roślinnych. Problemy pomiaru mechanicznych właściwości owoców w aspekcie oceny ich jędrności. Wyd. Nauk. FRNA, Komitet Agrofizyki PAN, Lublin.
- Dobrzański jr. B., Rybczyński R., 2001. Metody eksperymentalne badania naprężeń, skurczu oraz wytrzymałości okrywy nasiennej fasoli. *Acta Agrophysica*, 58, 37-50.
- Gładyszewska B., Szczurowska I., Chocyk D., 2007. „Brocade” method for determination of the strain tensor elements of thin biological materials. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 10(1).
- Gładyszewska B., 2007. Metoda badania wybranych mechanicznych właściwości cienkowarstwowych materiałów biologicznych. *Rozprawy naukowe AR w Lublinie*, 325.
- Gładyszewska B., 2006. Testing machine for assessing the mechanical properties of biological materials. *Technical Science*, 9, 21-31.



- Gołacki K., Stropek Z., 2001. Metoda wyznaczania lepkości sprężystego współczynnika Poissona materiałów roślinnych w warunkach obciążeń udarowych. *Acta Agrophysica*, 45, 79-83.
- Gołacki K., Obroślak R., 1998. Wyznaczanie współczynnika Poissona korzeni marchwi. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 454, 221-227.
- Haliniarz M., 2006. Wybrane cechy biologiczne stulichy psiej (*Descurainia Sophia* (L.) Webb Ex Prantl). *Acta Agrophysica*, 8 (2), 357-366.
- Hammerle J. R., McClure W. F., 1971. The determination of Poisson's ratio by compression tests of cylindrical specimens. *Journal of Texture Studies*, 2, 31-49.
- Hankinson B., 1979. Histological and physical behavior of tomato skins susceptible to cracking. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 104 (5), 577-581.
- Hershko V., Rabinowitch H. D., Nussinovitch A., 1994. Tensile characteristics of ripe tomato skin. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 27, 386-389.
- Jakubczyk E., Uziak D., 2005. Charakterystyka instrumentalnych metod badania właściwości mechanicznych wybranych owoców i warzyw. *Inżynieria Rolnicza*, 11(71), 181-189.
- Kabas O., Celik H. K., Ozmerzi A., Akinci I., 2008. Drop test simulation of a sample tomato with finite element method. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 88, 1537-1541.
- Machado R.M.A., Rodriquez del Rincon A., Portas C.A.M., 1999. Mechanical harvest of processing tomatoes: influence on percentage of damaged fruit and importance of the relation green fruit/rotten fruits. *Acta Horticulturae*, 487, 237-241.
- Matas A. J., Cobb E. D., Bartsch J. A., Paolillo D. J. jr., Niklas K., 2004. Biomechanics and anatomy of *Lycopersicon esculentum* fruit peels and enzyme-treated samples. *American Journal of Botany*, 91(3), 352-360.
- Mohsenin N. N., 1970. Physical properties of plant and animals. I. Structure, physical characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Sci. Publ., New York, London, Paris.
- Morrow C. T., Mohsenin N. N., 1966. Consideration of selected agricultural products as viscoelastic materials. *Journal of Food Science*, 31(5), 686-698.
- O'Brien M., Claypool L. L., Leonard S. J., York G. K., MacGillivray J. H., 1963. Causes of fruit bruising on transport trucks. *Hilgardia*, 35(6), 113-124.
- Peleg K., 1984. A mathematical model of produce damage mechanisms. *Transactions of the ASAE*, 27(1), 287-293.
- Polskie Normy. 1993. PN-R-75416. Pomidory - Wytyczne przechowywania i transportu chłodniczego.
- Rajabipour A., Zarietard M. R., Dodd G. T., Morris E. R., 2004. Tensile strength and relaxation of tomato skin by a loop technique. *Int. Agrophysics*, 18, 1-5.
- Sargent S. A., Brecht J. K., Zoellner J. J., 1992. Sensitivity of tomatoes at mature-green and breaker ripeness stages to internal bruising. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117(1), 119-123.
- Thompson D. S., 2001. Extensimetric determination of the rheological properties of the epidermis of growing tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 52(359), 1291-1301.
- www.piorin.gov.pl Państwowa Inspekcja Roślin i Nasiennictwa.
- Voisey P. W., 1971. Modernization of texture instrumentation. *Journal of Texture Studies*, 2, 129-195.
- Voisey P., 1965. Methods of determining the strength of tomato skins in relation to fruit cracking. *American Society for Horticultural Science*, 86, 597-609.

MECHANICAL PROPERTIES OF TOMATO FRUIT SKIN STUDIED  
AT DIFFERENT TEMPERATURES OF STORAGE

*Anna Ciupak, Bożena Gładyszewska*

Faculty of Physics, University of Life Sciences in Lublin  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: anna.ciupak@up.lublin.pl

**Abstract.** The work presents the results of a study on the influence of storage temperature (14°C and 21°C) on some mechanical properties of tomato fruit skin (*Admiro* variety). The Young modulus and the Poisson ratio were determined for the studied material. Samples were examined under uniaxial tension stress. A significant decrease of the Young modulus value was observed for fruits stored at temperature of 14°C. The Poisson ratio also decreased at 14°C whereas at 21°C no significant changes were found.

**Keywords:** tomato fruit skin, mechanical properties, Young modulus, Poisson ratio