

STANOWISKO DO POMIARU CECH MECHANICZNYCH JABŁEK

Czesław Puchalski

Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Organizacji Handlu Wiejskiego AR w Krakowie  
Wydział Zamiejscowy w Rzeszowie

Borys Bieluga

Instytut Techniki Rolniczej AR w Lublinie

WSTĘP

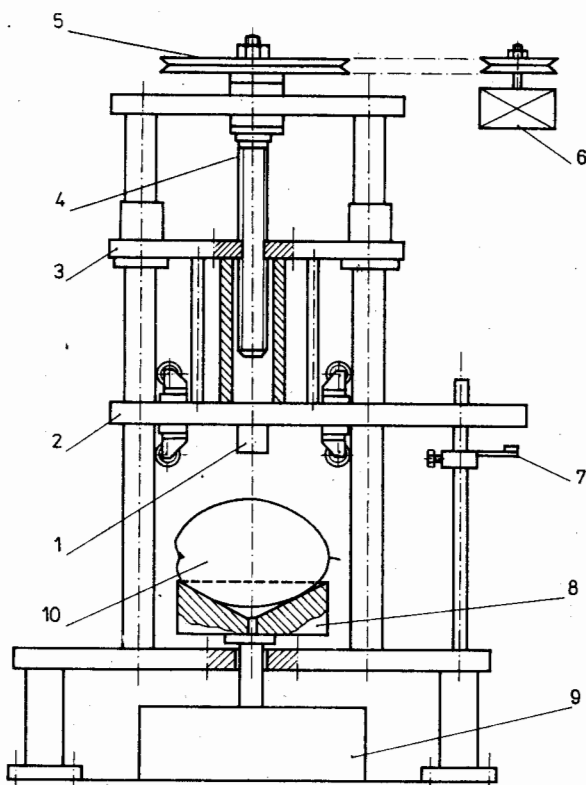
Tradycyjne pomiary cech owoców za pomocą ręcznych przyrządów nie są zbyt obiektywne, na co zwrócili uwagę Bourne [3], Bramlage i Blanpied [4] i inni. Blanpied i inni [2] ponadto stwierdzili, że czas zagłębiania próbника w strukturę owocu i głębokość penetracji dość istotnie wpływają na wartości uzyskiwanych wyników. natomiast Mohsenin i Moehlich [6] wykazali, że prędkość odkształcenia jest czynnikiem, który ma wpływ na wartości mierzonych parametrów. Różnice wyników sięgają nawet 20% [2, 4]. Stąd wynika potrzeba budowy stanowisk pomiarowych, w których proces odkształcenia próbek będzie kontrolowany. Przykładami takich przyrządów są przyrządy opisane przez Voiseya i Mac Donalda [9], Toppinga [8].

Celem pracy było wykonanie stanowiska do pomiaru cech mechanicznych jabłek przy statycznym obciążeniu oraz sporządzenie wykresów siła - odkształcenie w różnych okresach zbioru i przechowywania jabłek.

METODYKA BADAŃ

Opis stanowiska pomiarowego

Stanowisko pomiarowe (rys. 1) zbudowane jest z belki poprzecznej, do której przymocowany jest wgłębnik, urządzenia do prowadzenia wgłębnika w płaszczyźnie pionowej do płaszczyzny próbki, śruby do podnoszenia i opuszczania belki, przekładni pasowej z pasem klinowym, silnika komutatorowego prądu stałego z przekład-



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe

1 - wgłębnik, 2 - belka poprzeczna, 3 - urządzenie do prowadzenia wgłębniaka, 4 - śruba do podnoszenia i opuszczania belki z wgłębniakiem, 5 - przekładnia pasowa z pasem klinowym, 6 - silnik z przekładnią, 7 - przetwornik odkształcenia, 8 - przypora, 9 - przetwornik siły, 10 - próbka

nią i z układem do regulacji i stabilizacji prędkości obrotowej. W układzie urządzenia pomiarowego znajduje się przetwornik tensometryczny do pomiaru odkształceń, przetwornik tensometryczny do pomiaru siły, mostek tensometryczny TT-6c i rejestrator KP-6801. Układ regulacji i stabilizacji prędkości obrotowej silnika napędowego umożliwia osiągnięcie prędkości przemieszczenia wgłębniaka w zakresie od 0 do  $1,5 \cdot 10^{-3}$  m/s. Wymiana kół pasowych przekładni i kół zębatych przekładni silnika pozwala osiągnąć jeszcze wyższe wartości odkształceń. Napęd śruby może być mechaniczny lub ręczny. Skok śruby przy pełnym jej obrocie wynosi 1 mm.

#### PRZEBIEG POMIARÓW

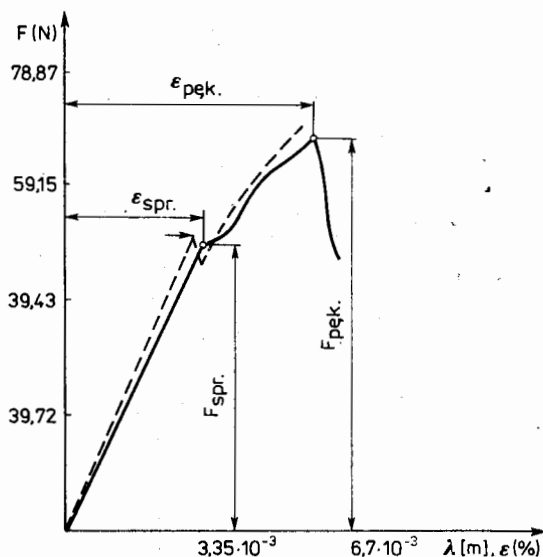
Do badań użyto jabłek trzech odmian: Mc Intosh, Spartan i Red Delicious, prawidłowo wykształconych, charakterystycznych dla danych odmian, zerwane z jabłoni

z tej samej wysokości od strony południowo-zachodniej. Na przetworniku do pomiaru siły umieszcza się przyporę wraz z próbką. Zagłębienie się wgłębnika w jabłko powoduje przebicie jego skórki i mięszu (zniszczenie makrostruktury). Opór zagłębiania się wgłębnika w strukturę jabłka mierzy przetwornik siły, natomiast wielkość przemieszczenia belki poprzecznej z wgłębnikiem mierzy przetwornik odkształcenia. W czasie pomiaru rejestrator XY przedstawia graficzną zależność oporu zagłębiania się wgłębnika od jego przemieszczenia. Pomiary wykonywano w 30 powtórzeniach na jabłkach ze skórką od strony rumieńca i bez rumieńca, w okresie zbioru i przechowywania.

Pomiary wykonano w 4 terminach w odstępach 5-dniowych, w okresie zbioru jabłek, natomiast w okresie ich przechowywania w 5 terminach w odstępach 1-miesięcznych. Czynnikiem różnicującymi parametry pomiaru były, termin badań, strona pomiaru jabłka (z rumieńcem, bez rumieńca) i rodzaj przechowalni (chłodnia, temperatura przechowywania  $1,5^{\circ}\text{C}$ , przechowalnia zwykła, średnia temperatura przechowywania  $6^{\circ}\text{C}$ ).

#### DYSKUSJA WYNIKÓW

Sporządzono wykresy zależności zagłębienia stępła w funkcji jego oporu zagłębienia  $F$ . Do badań zastosowano stempel od jędrnościomierza Magnessa-Taylora o średnicy  $7/16$  cala. Typowy wykres tej zależności przedstawia rysunek 2, sporządzony



Rys. 2. Wykres zależności siły  $F$  od odkształcenia  $\epsilon$  dla jabłka odmiany Red Delicious z przechowalni w I terminie badań w okresie przechowywania  
 $F_{\text{spr.}}$  - siła sprężysta,  $F_{\text{pęk.}}$  - siła pęknięcia,  $\epsilon_{\text{spr.}}$  - odkształcenie sprężyste,  
 $\epsilon_{\text{pęk.}}$  - odkształcenie pęknięcia

dla jabłka odmiany Red Delicious z przechowalni. Początkowo wykres jest linią prostą, co świadczy o wprost proporcjonalnej zależności między zagłębieniem  $\lambda$  a siłą  $F$ . Potwierdzają to również badania Arnolda [1], Finneya [5], Mohsenina i innych [7] różnych odmian jabłek. W tym etapie zagłębiania nie stwierdzono żadnych trwałych odkształceń ani brązowienia miejsca obciążenia.

Odkształcenia sprężyste w proporcji do całkowitych odkształceń próbki są stosunkowo duże w porównaniu z materiałami technicznymi. Przy dalszym wzroście obciążeń wykres zakrzywia się, co dowodzi odstępstwa od prawa Hooke'a i wiąże się z powstaniem trwałych odkształceń. Charakter tego „przejścia” był bardzo różny, z wyraźnym przebiegiem płynięcia materiału, bądź jedynie z miejscowym zaznaczeniem spadku siły, który zaobserwowali również Mohsenin i in. [7] i Finney [5] stosując w swoich badaniach stempel o średnicy 1/4 cala. Tego typu granicę Mohsenin nazywa granicą plastyczności biologicznej (Bioyield point). Zaobserwowano również, że w tym punkcie wystąpiło brązowienie miejsca obciążonego po kilku godzinach, co świadczy o uszkodzeniu tkanki owocu i tym samym zapoczątkowaniu procesu niszczenia komórek. Nie we wszystkich próbach wystąpiła wyraźna granica plastyczności. W części pomiarów trudno było ją oznaczyć, mimo że występowało brązowienie miejsca obciążenia świadczącego o rozpoczęciu procesu niszczenia komórek. Przyczyny tego należy dopatrywać się w dużej zmienności struktur jabłek.

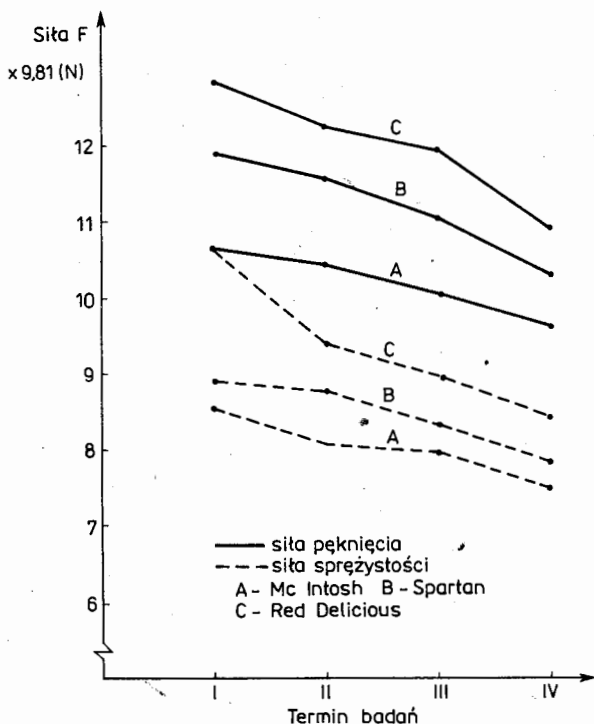
Ostatni punkt na wykresie odpowiada, według Mohsenina, granicy wytrzymałości biologicznej (Rupture point), w której występuje przebicie skórki - zniszczenie makrostruktury. Po tym fakcie występowało gwałtowne obniżenie wartości siły, nawet przy niewielkim zagłębieniu się stempla w strukturę.

Pojawienie się wyraźnej granicy plastyczności na wykresie zagłębienia się stempla w funkcji siły obserwowano przy badaniu trzech odmian jabłek, Mc Intosh, Spartan i Red Delicious w okresie ich zbioru i przechowywania w chłodni oraz w przechowalni. Z powyższych wykresów można określić następujące cechy mechaniczne ja-

T a b e l a 1

Zakresy zmienności średnich wartości sił sprężystości i pęknięcia dla jabłek w okresie zbioru i przechowywania

Jednostki doświadczalne		Zakres zmienności sił sprężystości x 9,81 N	Zakres zmienności sił pęknięcia x 9,81 N
Mc Intosh	zbiór	8,55-7,49 (1,06)	10,67-9,65 (1,02)
	przechow.	3,91-2,51 (1,4)	5,72-4,29 (1,43)
Spartan	zbiór	8,9-7,83 (1,07)	11,92-10,31 (1,61)
	przechow.	5,01-3,59 (1,42)	7,37-5,84 (1,53)
Red Delicious	zbiór	10,62-8,43 (2,19)	12,83-10,93 (1,9)
	przechow.	6,57-4,52 (2,05)	8,77-6,04 (2,73)



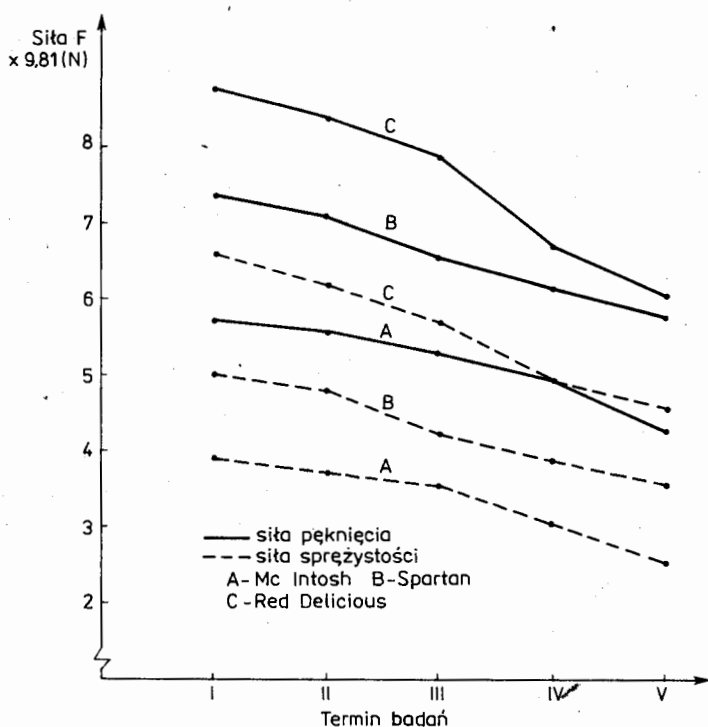
Rys. 3. Zmiany siły sprężystości i pęknięcia dla jabłek Mc Intosh, Spartana, Red Delicious w okresie zbioru

błek: siłę sprężystości, siłę pęknięcia, odkształcenie sprężyste, odkształcenie pęknięcia, energię sprężystą, energię pęknięcia i moduł Younga.

Tabela 1 przedstawia zakresy zmienności średnich wartości sił sprężystości i pęknięcia dla jabłek w okresie zbioru i przechowywania. Wynika z niej, że największa bezwzględna różnica średnich w danym okresie zbioru i przechowywania występuje u jabłek odmiany Red Delicious, natomiast zakres zmienności procentowych spadków średnich wartości dla trzech odmian jest niewielki i wynosi od 12 do 16% w okresie zbioru oraz od 21% do 31% w okresie przechowywania.

Zmiany średnich wartości sił w okresie badań przedstawiają rysunki 3 i 4. W okresie zbioru, jak i przechowywania następuje obniżanie się wartości sił sprężystości, pęknięcia dla badanych odmian jabłek. Najwyższe wartości sił sprężystości i pęknięcia w poszczególnych terminach badań związane są z odmianą Red Delicious, najniższe z odmianą Mc Intosh.

Ocenę dokładności pomiaru wykonano na podstawie średniego błędu kwadratowego poszczególnego pomiaru i średniego błędu kwadratowego średniej arytmetycznej oraz ich przedziałów ufności. Wartości tych błędów i przedziałów ufności związanych z pomiarem sił przedstawia tabela 2. Wynika z niej, że rozrzut błędów pomiarów jest większy w okresie zbioru niż w okresie przechowywania.



Rys. 4. Zmiany siły sprężystości i pęknięcia dla jabłek Mc Intosh, Spartan i Red Delicious w okresie przechowywania

Tabela 2

Wartości średnich błędów kwadratowych i przedziałów ufności (N)

Wielkość mierzona	Ocena wariacji	Średni błąd pomiaru	Średni błąd średniej arytmetycznej	Przedział ufności $\delta$	Przedział ufności $\delta \bar{x}$
Siła pęknięcia zbior	22,9	4,87	0,89	3,88-6,55	0,71-1,19
przechow.	9,4	3,12	0,57	2,48-4,19	0,45-0,76
Siła sprężystości zbior	19,8	4,52	0,83	3,6-6,07	0,66-1,11
przechow.	9,1	3,07	0,56	2,44-4,13	0,44-0,75

#### WNIOSKI

1. Na wykresach zagłębienia się stempla w funkcji siły zaobserwowano pojawienie się wyraźnej granicy plastyczności. W części pomiarów nie zarejestrowano tej granicy.

2. Stanowisko pomiarowe pozwala dokonać pomiaru takich cech mechanicznych jak: siły sprężystości, siły pęknięcia, odkształcenia sprężystego, odkształcenia pęknięcia, energii sprężystej, energii pęknięcia, modułu Younga.

3. Wyniki pomiarów sił sprężystości i pęknięcia wskazują na wyraźne ich zróżnicowanie w okresie zbioru i przechowywania.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Arnold P.C., Mohsenin N.N.: Proposed techniques for axial compression test on intact agricultural products of convex shape, Trans. ASAE, 1971, 78-84.
2. Blanpied G.D. i in.: A standardized method for collecting apple pressure test data, Food and life sciences bulletin New York, s. 1978.
3. Bourne H.C.: Studies on punch testing of apples. *Fd. Technol.* 1965 19/3, 113-115.
4. Bramlage W.J., Blanpied G.B.: Measuring apple firmness not as easy as 1-2-3. *Am. Fruit Grower*, 1977, 97/9, 29.
5. Finney E.E.: Mechanical resonance within Red Delicious apples and its relation to fruit texture. Trans. ASAE, 1970, 177-180.
6. Mohsenin N.N., Goehlich H.: Techniques for determination of mechanical properties of fruits and vegetables as related to desing and development of harvesting and processing machinery. *J. Agric. Eng. Res.* 1962, 7, 300-315.
7. Mohsenin N.N., Goehlich H., Tukey L.D.: Mechanical behavior of apple fruits as related to bruising. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1963, 81, 67-77.
8. Topping A.J.: A recording Laboratory penetrometer for fruit, *J. Agric. Eng. Res.* 1981, 26, 179-183.
9. Voisey P.W., Mac Donald D.C.: A puncturing device for estimating the physical properties of fruits and vegetables. *Can. J. Plant Sci.* 1966, 46, 698-701.

Ч. Пухальски, Б. Бельюга

#### СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯБЛОК

#### Резюме

Работа содержит описание стенда, методику измерения и результаты некоторых измерений. На стенде применили механический привод с плавной регуляцией скорости деформации в пределах  $0 - \text{ок. } 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ М.с}^{-1}$  и тензодатчики для измерения силы и деформации, зависимость которых вычерчивал регистратор  $x, y$ .

На основе анализа диаграмм, полученных в результате погружения металлического плунжера в структуру яблока, можно выделить линейный характер зависимости. Измерение основных механических свойств указывает на отчетливую их дифференциацию во время сбора и хранения.

C. Puchalski, B. Bieluga

## A STAND FOR THE MEASUREMENT OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF APPLES

## S u m m a r y

The position for the purpose of measuring mechanical properties of apples was designed and made. This paper contains a description of the stand, method of measurement, and the results of some measurements. Mechanical power with stepless control of the speed of deformation in the range from 0 to  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  was used. Strain gauges were used to measure force and deformation, the interdependence of which was shown in the recorder x, y.

On the basis of an analysis of diagrams obtained as a result of plunger penetration into the structure of the apple, the linear character of the dependence may be determined. Measurements of the basic mechanical properties indicate their differentiation in the period of harvest and storage.