

## WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE OWOCÓW MALINY

*R. Rybczyński, B. Dobrzański, jr, J. Wieniarska<sup>1</sup>*

Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27  
e-mail: rryb@demeter.ipan.lublin.pl

<sup>1</sup>Katedra Sadownictwa AR, ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin

**Streszczenie:** Przydatność owoców maliny do mechanicznego zbioru czy transportu można stwierdzić określając mechaniczne charakterystyki owoców. W pracy przedstawiono wyniki różnych metod badania wytrzymałości mechanicznej malin o zróżnicowanej dojrzałości. Owoce poddawano osiowemu ściskaniu wykorzystując maszynę wytrzymałościową Instron. Ściskanie pojedynczych pestkowców przeprowadzono używając penetrometry o średnicach od 1 do 7 mm. Siłę związania owocu zbiorowego oraz związania z dnem kwiatowym, czyli parametry służące do określenia przydatności do zbioru mechanicznego wyznaczono w testach rozciągania. Stopień dojrzałości owoców istotnie wpływał na mechaniczną wytrzymałość malin badanych odmian i klonów. Siła rejestrowana podczas uszkodzenia penetrometrem pojedynczego pestkowca była największa dla owoców I klasy dojrzałości. Jednak tylko dla średnicy 7 mm wartość ta była ponad pięciokrotnie większa niż dla owoców klasy III. Wraz ze wzrostem dojrzałości klonu 80261, siła związania owocu złożonego spadała od 0.53 N (dla I klasy) do 0.14 N (dla III klasy). Siła związania z dnem kwiatowym owoców z I klasy dojrzałości była czterokrotnie większa niż dla owoców z klas II i III. Testy ściskania i rozciągania wykonane na pojedynczych owocach pozwalają oszacować mechaniczne właściwości owoców i pozwalają dokładnie określić stan dojrzałości malin.

**Słowa kluczowe:** Maliny, mechaniczne właściwości, metody

### WSTĘP

Maliny należą do grupy owoców miękkich o dużej zawartości wody, które szybko zmieniają swoją wytrzymałość mechaniczną podczas dojrzewania [5,6,10,14,19,22]. Wysokość plonu owoców poszczególnych odmian zależy

w dużym stopniu od przebiegu pogody, głównie niskich temperatur w zimie i suszy w okresie wiosennym i wczesnoletnim, a także wieku plantacji [15,23], a przydatność owoców malin do mechanicznego zbioru czy transportu jest głównie związana z mechanicznymi charakterystykami owoców [2-6,17,21].

Większość kombajnów do mechanicznego zbioru owoców maliny (choć nie dotyczy to krajowego sektora produkcyjnego) działa na zasadzie otrząsania pędów maliny. Siła bezwładności owoców powoduje ich oderwanie się od rośliny. Niestety, często siła potrzebna do oderwania dojrzałych owoców jest większa niż siła potrzebna do oderwania szypulek od pędów [2]. Siła potrzebna do oderwania owocu zbiorowego od dna kwiatowego oraz siła oderwania szypułki od pędu jako parametry odmianowe powinny być określane nie tylko przy ocenie przydatności odmiany do mechanicznego zbioru, ale również jako cechy określające prawidłowy termin zbioru.

Wiele czynników wpływa na trwałość przechowalniczą malin [18,20,22], między innymi gnicie po zbiorze [8,9], obniżenie jędrności oraz ciemnienie [22]. Nasilenie niekorzystnych czynników powoduje nie tylko straty ilościowe ale przede wszystkim ogromne straty jakościowe surowca. Stąd potrzeba określenia naturalnej odporności mechanicznej owoców jak również wyznaczenia wagi czynników ją kształtujących. Prace badawcze nad uszkodzeniami mechanicznymi owoców maliny w warunkach obciążeń statycznych i dynamicznych można podzielić na dwie podstawowe grupy; oceny porównawcze i modelowanie, a następnie próba wyjaśnienia przyczyn powstania uszkodzeń mechanicznych [1,3-6,10-13,17,19], i minimalizacja uszkodzeń malin poprzez dobór odporniejszych odmian oraz optymalnych warunków zbioru, transportu i przechowywania [2,7,13,14,16-22].

Celem niniejszej pracy było opracowanie metod oceny przydatności odmian malin do zbioru mechanicznego, zastosowanie różnych testów mechanicznych dla owocu złożonego z uwzględnieniem właściwości pojedynczego pestkowca i określenie wpływu stopnia dojrzałości owoców na wytrzymałość mechaniczną malin.

## MATERIAŁ I METODY

W niniejszej pracy przedstawiono wpływ stopnia dojrzałości owoców maliny na ich wytrzymałość mechaniczną wyznaczoną za pomocą różnych testów. Test ściskania całych owoców złożonych prowadzono w dwóch przypadkach tj.: obciążano wzdłuż osi owocu złożonego oraz w płaszczyźnie poprzecznej.

Właściwości mechaniczne rejestrowano dla dwóch krytycznych punktów zniszczenia: struktury owocu złożonego (odpowiadającego uchwytowi palców) oraz uszkodzenia skórki pojedynczych pestkowców (odpowiadającego za wyciek soku). Ważną cechą związaną z wytrzymałością owocu złożonego jest siła kohezji między pojedynczymi pestkowcami.

Badania metodyczne przeprowadzono na owocach maliny odmiany Chilcotin i dwóch klonów: 80261 i 80382, pochodzących z plantacji doświadczalnej Akademii Rolniczej w Lublinie. Według metody opracowanej przez Robbinsa i Sjulina [19] owoce podzielono na trzy stadia dojrzałości: I - powierzchnia owoców w 25÷75% pozostaje zielona, II - 100% powierzchni owoców żółto - czerwona do czerwonej, III - 100% powierzchni owoców czerwona i ciemno czerwona bez owoców przejrzalnych.

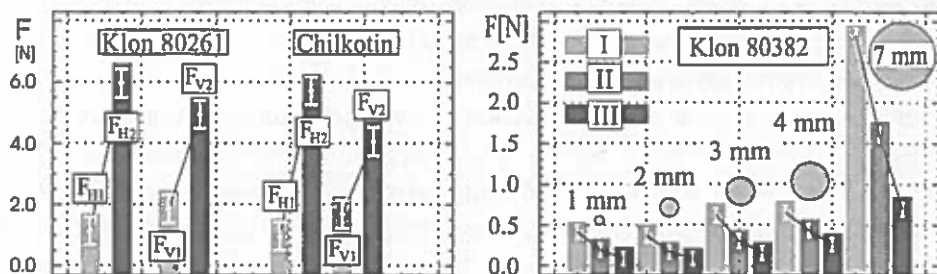
Jednoosiowe statyczne testy przeprowadzono używając maszyny wytrzymałościową Instron 6022 przy stałej prędkości przemieszczania elementu roboczego 5 mm/min. Różnorodne wyposażenie opracowane przez Dobrzańskiego i in. [4,5] zostało użyte w testach penetrometrycznych ściskania pojedynczych pestkowców, ich warstwy, rozrywania owocu zbiorowego oraz odrywania owocu od rdzenia. Test penetrometryczny wykorzystano do oceny wytrzymałości pojedynczego pestkowca na ściskanie i zastosowano następujące średnice penetrometru: 1, 2, 3, 4 i 7 mm, tak aby test dotyczył wytrzymałości na ściskanie pojedynczego pestkowca a zarazem określał odporność na przebicie skórki.

## WYNIKI

Osiowa siła uszkodzenia struktury owocu złożonego  $F_{V1}$  odpowiada za wytrzymałość owocu i zachowanie jego kształtu podczas zbioru i tak jak promieniowa  $F_{H1}$ , dla owoców maliny odmiany Chilcotin oraz klonu 80261 jest mała i nie przekracza 2 N (Rys. 1). Siła osiowa  $F_{V2}$  oraz promieniowa  $F_{H2}$  uszkodzenia tkanki owocu złożonego odpowiada pojawieniu się wycieku soku i jest znacznie większa osiągając wartości 6 N. Zakres ten nie może być przekroczony podczas zbioru dla owocu złożonego, a dla owoców przeznaczonych do konsumpcji wartość ta nie powinna przekraczać 1 N, co powinno zapewnić ich estetyczny wygląd oraz odpowiedni kształt.

Stosowanie penetrometrów o różnej średnicy (Rys. 1), pozwoliło w każdym przypadku na rejestrację siły odpowiadającej za inny mechanizm uszkodzenia. Dla penetrometrów o średnicy 1 i 2 mm rejestrowano siłę przebicia poje-

dynczego pestkowca, a o średnicy 3 i 4 mm umożliwiały określenie siły ściskania pojedynczego pestkowca bez deformacji sąsiednich.



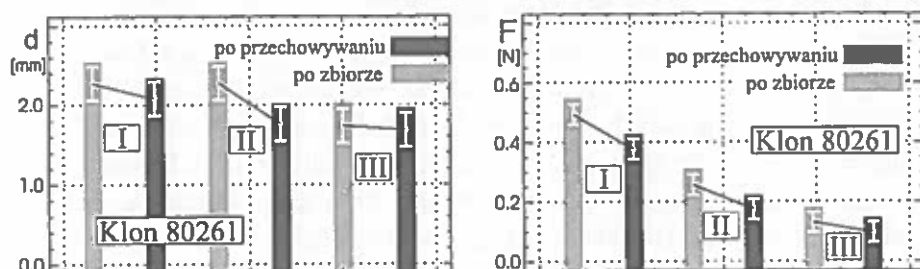
Rys. 1. Siła podczas deformacji kształtu owocu  $F_{H1}$ ,  $F_{V1}$ , zniszczenia jego struktury  $F_{H2}$ ,  $F_{V2}$  oraz Siła  $F$  wyznaczona podczas przebiccia pojedynczego pestkowca i ich warstwy.

Fig. 1. Force of the shape deformation  $F_{H1}$ ,  $F_{V1}$ , damage of fruit structure  $F_{H2}$ ,  $F_{V2}$  and the force  $F$  determined at penetration of single drupe and it's layer.

Natomiast średnica 7 mm powodowała deformację pojedynczego pestkowca oraz sąsiadujących, umożliwiając pomiar wytrzymałości pojedynczej warstwy o ograniczonym polu powierzchni kontaktu. Siła uszkodzenia pojedynczego pestkowca obciążanego penetrometrem o średnicy 1 i 2 mm osiągała podobne wartości dla II i III klasy dojrzałości owoców. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy siłami uzyskanymi dla penetrometrów o średnicy 1 i 2 mm jak również dla średnic 3 i 4 mm. Większa siła niszcząca dla penetrometru o średnicy 7 mm, zależna od powierzchni kontaktu, jako jedyna pozwalała potwierdzić istotne różnice wytrzymałości mechanicznej owoców dla badanych klas dojrzałości. Siła niszcząca rejestrowana podczas testu ściskania w przypadku penetrometru o średnicy 7 mm była ponad pięciokrotnie większa w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla owoców III klasy dojrzałości (Klon 80382). Stosowanie penetrometrów o średnicach mniejszych i większych od średnicy pojedynczych pestkowców, pozwoliło na zaobserwowanie różnic pomiędzy I i II klasą dojrzałości, jednak tylko dla średnicy 7 mm; znacznie większej od średnicy pestkowca, różnice w ocenie dojrzałości pomiędzy klasą II i III były istotne.

Zaobserwowano spadek wytrzymałości mechanicznej  $F$  owoców Klonu 80261 przechowywanych przez jeden dzień w chłodni, wyznaczonej w próbie przebiccia penetrometrem o średnicy 2 mm. Rejestrowana siła istotnie różniła się dla I i II klasy dojrzałości, jednak w wypadku owoców III klasy dojrzałości,

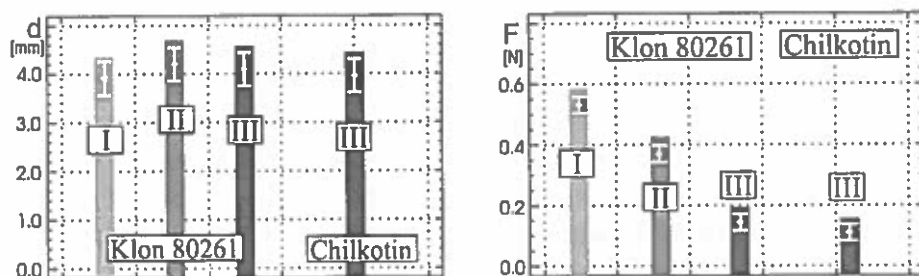
różnica ta nie była istotna statystycznie (Rys. 2). Wartości siły przebicia  $F$  istotnie różniły badane klasy dojrzałości owoców zarówno przechowywanych jak i bezpośrednio po zbiorze, świadcząc o zróżnicowanej jędrności malin poszczególnych klas dojrzałości.



Rys.2. Deformacja  $d$  oraz siła przebicia pojedynczego pestkowca  $F$  po zbiorze oraz po przechowywaniu

Fig. 2. Deformation  $d$  and force  $F$  at penetration of single drupe after harvest and storage

Deformacja  $d$  rejestrowana podczas testu penetrometrycznego świadczyła o właściwościach sprężystych skórki pojedynczego pestkowca i rejestrowane różnice zaobserwowano tylko dla II klasy dojrzałości owoców po przechowywaniu chłodniczym. Zaobserwowano również różnice wartości deformacji pojedynczego pestkowca pomiędzy I i III klasą dojrzałości, które świadczą o wpływie stopnia dojrzałości na utratę sprężystości pestkowców, a zarazem i całkowitej wytrzymałości owocu złożonego.



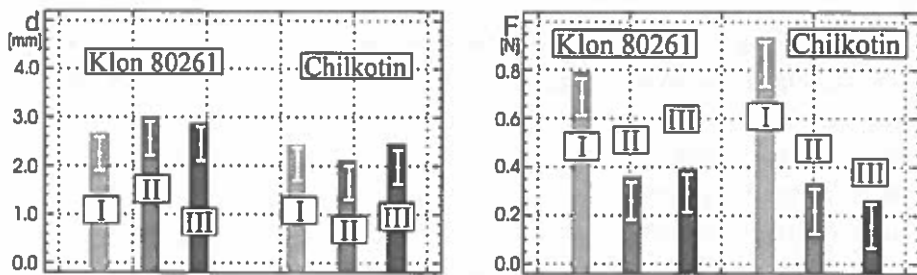
Rys 3. Deformacja  $d$  oraz siła kohezji  $F$  owocu maliny o różnym stopniu dojrzałości.

Fig. 3. Deformation  $d$  and cohesion force  $F$  of raspberry fruit at different stage of maturity.

Wraz ze wzrostem dojrzałości owoców Klony 80261 siła potrzebna do rozerwania owocu zbiorowego malała i dla I klasy dojrzałości osiągała wartość 0.53 N, a dla III klasy wartość spadła do 0.15 N (Rys. 3). Deformacja zniszczenia

owocu złożonego w teście rozrywania nie różniła się statystycznie dla wszystkich badanych klas dojrzałości i związana była ze znacznym udziałem deformacji kształtu, większym od deformacji związanej z pokonaniem sił kohezji pomiędzy poszczególnymi pestkowcami. Natomiast siła  $F$  rejestrowana podczas tego testu różnicowała istotnie poszczególne klasy dojrzałości.

Deformacja rejestrowana podczas odrywania malin od dna kwiatowego jest wartością nieróżniącą stan dojrzałości owoców. Średnie wartości przedstawione na rysunku 4 zawierają się od 1.6 mm do 2.1 mm dla odmiany Chilkotin oraz od 2.23 mm do 2.43 mm dla klonu 80261, jednak przedziały ufności dla wszystkich klas wskazują na brak istotnych różnic. Jednak, dla I klasy dojrzałości wartość siły oderwania owocu złożonego od dna kwiatowego  $F$  była czterokrotnie większa niż dla II i III klasy dojrzałości u odmiany Chilkotin oraz trzykrotnie większa dla owoców klonu 80261 (Rys. 4). Pomiar ten dowodzi, że owoce obu klas II i III, osiągnęły odpowiedni stan dojrzałości i były odrywane przy podob-



Rys. 4. Deformacja  $d$  oraz siła oderwania  $F$  owoców malin o różnym stopniu dojrzałości.

Fig. 4. Deformation  $d$  and detachment force  $F$  of raspberry fruit at different stage of maturity.

nej, znacznie mniejszej sile niż dla klasy I. Parametr ten może okazać się bardzo przydatny do oceny stanu dojrzałości malin do zbioru mechanicznego, podczas którego wytrząsanie owoców mogłoby następować przy mniejszej amplitudzie oraz częstotliwości drgań. W efekcie zmniejszyłoby to liczbę uszkodzeń zarówno krzewów jak i owoców, poprawiając równocześnie ich jakość. Połączenie tego parametru oraz parametrów określających deformację oraz zniszczenie struktury owocu złożonego umożliwia prawidłową ocenę stanu dojrzałości malin i określa przydatność odmiany do zbioru mechanicznego.

## WNIOSKI

Stopień dojrzałości wyrażony wyznaczonymi parametrami ma bardzo istotny wpływ na mechaniczną wytrzymałość owoców malin badanych odmian i klonów.

Testy określające wytrzymałość mechaniczną owoców w masie są bardziej przydatne przy ocenie odporności w różnych warunkach transportu, natomiast testy penetrometryczne pojedynczych pestkowców jak i ściskania ich warstwy oraz test rozciągania owocu zbiorowego, wydaje się być bardziej odpowiedni przy wyznaczaniu mechanicznych właściwości malin i dokładnie odzwierciedla ich stan fizyczny. Stosowanie testu penetrometrycznego, w zależności od średnicy penetrometru, pozwoliło w każdym przypadku na rejestrację siły odpowiadającej za inny mechanizm uszkodzenia.

Właściwości mechaniczne określone dla trzech krytycznych punktów zniszczenia:

- struktury owocu złożonego (odpowiadającego uchwytowi palców),
  - uszkodzenia skórki pojedynczych pestkowców (odpowiadającego za wyciek soku),
  - siły potrzebnej do oderwania owocu zbiorowego od dna kwiatowego,
- jako parametry odmianowe powinny być określane nie tylko przy ocenie przydatności odmiany do transportu i mechanicznego zbioru, ale również jako cechy określające stan fizyczny owoców.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Barritt B.H., Torre L.C., Pepin H.S., Daubeny H.A.:** Fruit firmness measurement in red raspberry. *Hort.Sci.* 15(1):38-39. 1980.
2. **Bilanski W.K., Graham W.D.:** Evaluation of raspberry cultivars for machine harvesting. *Trans. of ASAE*, 32, 2, 447-448, 1989.
3. **Delwiche M.J.:** Theory of Fruit Firmness Sorting by Impact Forces. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 30(4):1160-1166. 1987.
4. **Dobrzański B., Rybczyński R., Wieniarska J.:** Methods for determining mechanical properties of raspberry. *AgEng' 94, Milano, Italy, report N. 94-G-070*, 1-6. 1994.
5. **Dobrzański B., Rybczyński R.:** Mechanical behaviour of raspberry fruit at different ripeness stage. *Proceedings of IAMC, Beijing, China, 1995*, 2, 26-31.
6. **Dobrzański B., Rybczyński R., Wieniarska J.:** Wybrane metody oceny stanu dojrzałości owoców maliny. *Mat. Ogóln. Konf. Nauk. "Nauka Praktyce Ogrodniczej"*, Lublin, 1995, I, 179-182.

7. Heiberg N.: Fresh fruit quality evaluation for red raspberry. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. 2(2):73-78, 1988.
8. Jennings D.L., Carmichael E.: Resistance to grey mold (*Botrytis cinerea* Fr.) in red raspberry fruits. *Hort.Res.* 14:109-115. 1975.
9. Keep E., Knight R.L.: Use of the black raspberry (*Rubus occidentalis* L) and other *Rubus* species in breeding red raspberries. *Rpt.East Malling Res.Stat. for 1967*. pp105-107. 1968.
10. Keep E., Knight V.H., Burgess R.J., Rivers K.: Raspberry fruit texture investigations. *Rpt.East Malling Res.Stat. for 1978*. pp 140-142. 1978.
11. Keep E., Weatherly D.E., Knight V.H., Parker J.H.: Raspberry fruit texture-fruit shape and resistance to compression. *Rpt.Stat.for 1977*. pp 131-132. 1979.
12. Kuczyński A., Rybczyński R.: Assessment of the mechanical resistance of raspberries to constant uniaxial loading. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 399, 125-128, 1993.
13. Kuczyński A., Szukiewicz Z., Rybczyński R., Wieniarska J.: A spectrophotometric method for the assessment of the mechanical strength of raspberry fruits. *Int. Agrophysics*, 8, 427-430, 1994.
14. Landa A., Keep E.: Raspberry portable texture meter. *Rpt. East Malling Res.Stat. for 1976*. pp 120-121. 1977.
15. Luby J.J., Hoover E.E., Bedford D.S., Munson S.T., Gray W.H., Wildung D.K., Stushnoff C.: "Redwing" raspberry. *Hort Science* 22:681-682. 1987.
16. Perkins-Venzie P.M., Nonnecke G.R.: Physiological changes during ripening of raspberry fruit. *HortScience* 27:331-333. 1992.
17. Ramsay A.M.: Mechanical harvesting of raspberries - A review with particular reference to engineering development in Scotland. *J. Agric. Engang Res.*, 28, 183-206, 1983.
18. Robbins J.A., Moore P.P.: Color change in fresh red raspberry fruit stored at 0, 4.5, or 20°C. *HortScience*. 25:1623-1624. 1990.
19. Robbins J.A., Sjulín T.M.: A comparison of two methods for measurement of fruit strength in red raspberry. *HortSci*. 21(4):1054-1055. 1986.
20. Robbins J.A., Sjulín T.M.: Postharvest storage characteristics and respiration rates in five cultivars of red raspberry. *HortScience* 24:980-982. 1989.
21. Sjulín T.M., Robbins J.A.: Effects of maturity, harvest date, and storage time on postharvest quality of red raspberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112, 3, 481-487, 1987.
22. Wieniarska J.: Niektóre cechy biologiczne i produkcyjne owocujących pędów dziesięciu odmian maliny (*Rubus Idaeus* L.O.). *Rozprawa habilitacyjna*, Wyd. AR Lublin, 1992.



## THE MECHANICAL PROPERTIES OF RASPBERRY FRUIT

*R. Rybczyński, B. Dobrzański, jr, J. Wieniarska<sup>1</sup>*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27  
e-mail: rryb@demeter.ipan.lublin.pl

<sup>1</sup>Pomiculture Chair, Agriculture University, Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin

**Summary:** The suitability of raspberry cultivars for machine harvesting or transport is mainly connected with the physical characteristic of fruit. This report presents results of the mechanical strength of raspberries fruit, at different ripeness class, obtained using several measuring methods. The loading tests of single berry subjected to uniaxial loading were performed with the Instron machine. The compression tests were performed on a single drupe of raspberry and penetrometers of 1÷7mm diameters were used. The cohesion force and the detachment force, the values which are very important for the mechanical harvest, were registered at tension tests. The ripeness stage had a distinct effect on the mechanical strength of all varieties and clones of raspberries. The damage force observed during penetration with each size of penetrometer was higher for the I class, however, for 7 mm penetrometer only, the force was more than five times higher than for III class. With an increase of fruit ripeness of 80261 Clone, the cohesion force registered during tension test decreased from 0.53N for I ripeness class to 0.14N for III ripeness class. The detachment force noticed at tension tests for I class of ripeness, with red colour present, was four times higher than for both the II and III classes of maturity. The compression and tension tests for single fruit are adequate for the estimation of mechanical properties and correctly reflect the maturity stage of raspberry.

**Keywords:** Raspberry, mechanical properties, methods