

WPŁYW OBCIĄŻENIA NA PRZEBIEG ODKSZTAŁCENIA WARZYW O KSZTAŁCIE KULISTYM

Jerzy Bohdziewicz, Gabriel Czachor

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Przedstawiono wyniki pomiaru cech fizycznych wybranych warzyw o kształcie zbliżonym do kulistego. Przeprowadzono selekcję wagową, następnie realizowano test ściskania dla 10 egzemplarzy z każdej grupy warzyw. Na podstawie analizy zależności siła – przemieszczenie określono wartość dopuszczalnej siły F_{dop} oraz względnego przemieszczenia jako reakcji na zadane obciążenie. Stwierdzono zróżnicowanie wykluczające stosowanie uniwersalnych rozwiązań w konstrukcji maszyn lub linii technologicznych.

Słowa kluczowe: warzywa, właściwości fizyczne, test ściskania

Wstęp

Warzywa zawierają głównie tkanki mięszu, którego właściwości mechaniczne są zależne od turgoru. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu obciążenia może skutkować uszkodzeniami, wywołującymi straty wynikające z obniżenia jakości i infekcji patogenów [Blahovec 2001].

Jedną z najważniejszych cech decydujących o jakości warzyw jest ich podatność na mechaniczne uszkodzenia. Decydujące znaczenie mają czynniki takie jak: odmiana roślin, zawartość surowego włókna, ciężar właściwy, stopień dojrzałości, itp. Najważniejszym czynnikiem stłuczenia w każdym przypadku jest zakres obciążenia, który jest zwykle wyrażany wartością przyłożonej siły albo pochłoniętej energii. Mechanizm stłuczenia nie jest jednak dostatecznie poznany, gdyż często przesłonięty przez inne mechanizmy uszkodzeń takie jak pęknięcie, zgniatanie lub rozerwanie tkanek roślinnych [Blahovec 2005].

Istotnym problemem są stłuczenia wewnętrzne (bruising). Testy prowadzone na bulwach ziemniaków i cebuli wykazały, że najwięcej takich uszkodzeń było skutkiem spadania warzyw podczas transportu między elementami maszyn [Herold i inni 1996].

Gołacki i Rowiński [2006] stwierdzili, że brakuje wyczerpującego opisu reakcji tkanki roślinnej na obciążenie o charakterze dynamicznym oraz uniwersalnych metod i technik do oceny wrażliwości produktów rolniczych na te obciążenia. Przebieg, jak i skutki obciążenia dynamicznego różnią się od przebiegów i skutków obciążenia zadanego w warunkach quasi-statycznych. Niezależnie jednak od rodzaju przeprowadzanych testów muszą być jednak poprzedzone wyznaczeniem warunków brzegowych, warunkujących zakres stosowanych obciążeń i odkształceń.

Celem pracy była analiza zależności siła – odkształcenie do wyznaczenie granicznych wartości obciążenia dla wybranych warzyw o kształcie kulistym, ściskanych pomiędzy równoległymi płytami.

Obiekt i metodyka badań

Do badań wybrano korzenie buraka ćwikłowego odmiany Czerwona Kula, cebulę odmiany Wolska, bulwy ziemniaka odmiany Lord oraz boczne pędy kapusty brukselskiej odmiany Maczuga. Warzywa były przechowywane przez trzy miesiące od daty zbioru. Przed rozpoczęciem badań warzywa zostały poddane wstępnej selekcji. Z każdego gatunku roślin wybrano po kilkadziesiąt egzemplarzy o kształcie zbliżonym do kulistego. Zmierzone grubość każdego egzemplarza w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach, przyjmując dopuszczalną różnicę nieprzekraczającą 10%. Następnie przeprowadzono selekcję wagową, zapewniającą występowanie minimum 10 sztuk w każdej grupie. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono doraźną gęstość każdego egzemplarza, a po przeprowadzeniu testów wytrzymałościowych wyznaczano wilgotność standardową metodą suszarkową.

Testy ściskania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej typu Instron 5566. Wykorzystano głowicę tensometryczną o zakresie do 1 kN, prędkość przesuwu wynosiła $3,34 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, próbkowanie co 0,2 N. Wyznaczano charakterystyki siła – przemieszczenie na podstawie testu wytrzymałościowego. Z uzyskanych wykresów odczytywano wartość siły F_{dop} , odpowiadającą wytrzymałości doraźnej bulw ziemniaków, korzeni buraków i pędów kapusty brukselskiej oraz biologicznej wytrzymałości (bioyield point) cebuli. Jednocześnie obliczano względną wartość przemieszczenia λ_p (%) jako stosunek przemieszczenia λ do średnicy warzywa w kierunku przyłożonego obciążenia.

Obliczano również sumaryczną wielkość jednostkowych nakładów energetycznych, na ich podstawie wyznaczano wartości pozornego współczynnika sprężystości E_C jako miary wartości skutecznej oporu mechanicznego badanego materiału.

$$E_C(\lambda) = \frac{\int_0^{\lambda} F_{(\lambda)} \cdot d\lambda}{0,26 \cdot d_a \cdot d_b \cdot \lambda} \quad (1)$$

gdzie:

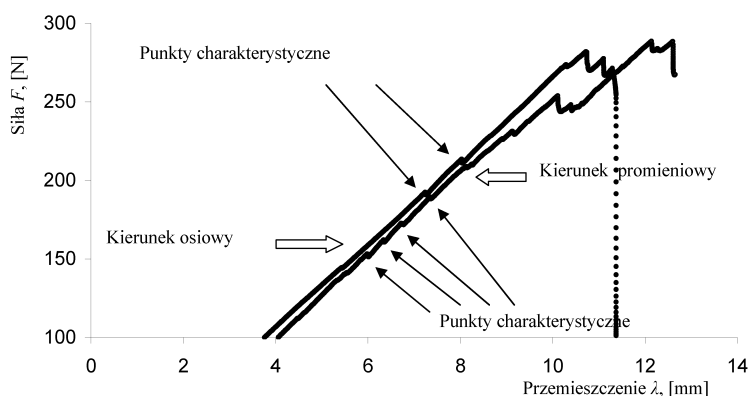
d_a ; d_b – rozmiary badanego warzywa w kierunkach prostopadłych do przyłożonego obciążenia.

Wyniki badań

Zapewnienie kulistego kształtu próbek pędów bocznych kapusty brukselskiej oraz cebuli stanowiło istotny problem podczas selekcji wymiarowej. Egzemplarze o większych rozmiarach miały kształt wydłużonej bądź spłaszczonej elipsoidy. Występowały znaczne różnicowania masy próbek o zbliżonej wielkości na wskutek biologicznych i termofizycznych zmian, zachodzących w materiale składowanym przez dłuższy okres czasu. Biorąc

pod uwagę powyższe czynniki z dostępnego materiału wyselekcjonowano dwie grupy pędów bocznych kapusty brukselskiej o masie $12 \pm 1,2$ g. Analogicznie w odniesieniu do cebuli wyselekcjonowano dwie grupy o masie 50 ± 5 g. Egzemplarze o małych rozmiarach były wcześniej dyskwalifikowane jako niespełniające wymagań konsumenckich.

Warzywa te poddano testom ściskania w kierunku zgodnym z przebiegiem osi podłużnej danego egzemplarza, oraz w kierunku do niego prostopadłym. Z uwagi na złożoną strukturę badanych obiektów pojawiły się problemy interpretacji obserwowanych zależności siła – przemieszczenie, co przedstawiono na rysunku 1.



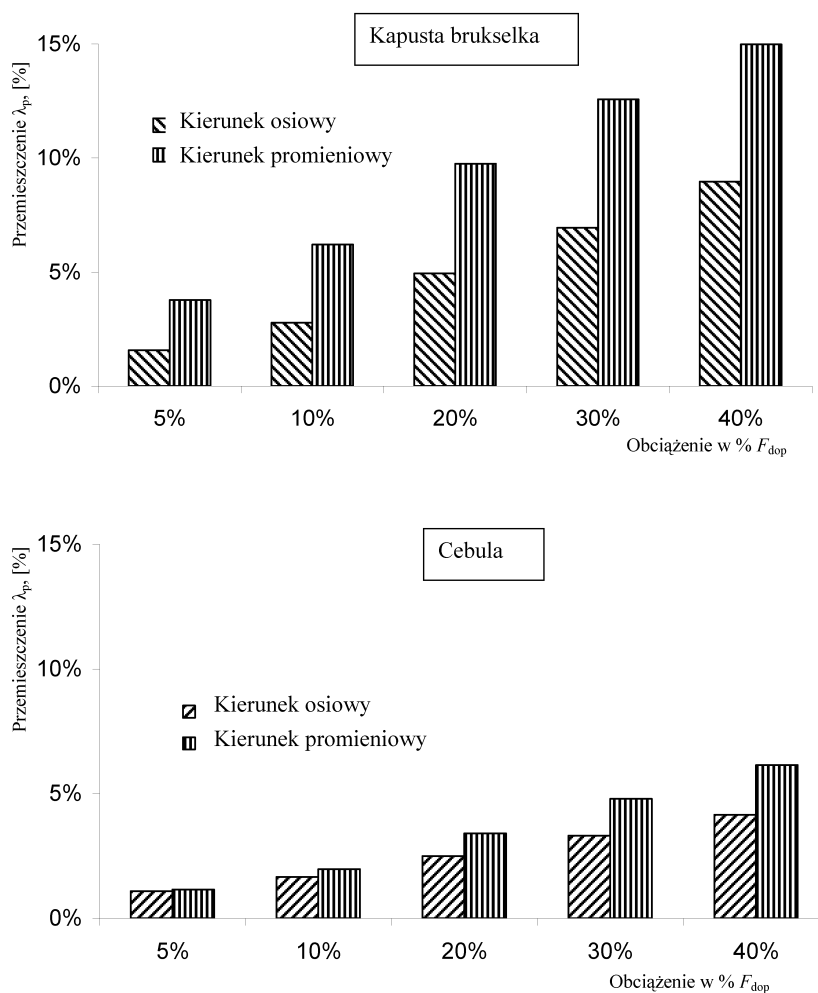
Źródło: badania własne autorów

Rys. 1. Objawy naruszenia ciągłości struktury podczas ściskania cebuli
 Fig. 1. Symptoms showing structure continuity disturbance during onion compression

Na rysunku 1 pokazano końcowy fragment zapisu zależności siła – przemieszczenie dla dwóch egzemplarzy cebuli. Na wykresie zaznaczono też punkty, którym towarzyszą wyraźne efekty dźwiękowe związane z pękaniem wewnętrznych tkanek. Pomimo zbliżonych wartości maksymalnej zarejestrowanej siły rzędu 290 N do dalszych rozważań przyjęto położenie pierwszych punktów charakterystycznych. W efekcie oznacza to zróżnicowanie wartości F_{dop} w zależności od kierunku przyłożonego obciążenia. Zagadnienie to było wcześniej analizowane w szerszym zakresie [Bohdziewicz 2006, 2008].

Ze względu na zróżnicowanie wartości siły F_{dop} w zależności od gatunku rośliny oraz kierunku przyłożonej siły niezbędne jest porównanie odpowiedzi badanych egzemplarzy na zadaną wartość obciążenia. Zestawienie średnich wartości przemieszczenia dla wybranych wartości obciążenia bocznych pędów kapusty brukselskiej oraz cebuli przedstawiono na rysunku 2. Na podstawie przeprowadzonych testów ustalono średnią wartość F_{dop} rzędu 200 N dla pędów kapusty brukselskiej oraz 150 N dla cebuli.

Doświadczenia prowadzone przez Herolda i współpracowników [1996] wykazały brak istotnych uszkodzeń cebuli przy mechanicznym obciążeniu równoważnym sile o wartości poniżej 20 N. Jak można się zorientować na podstawie rysunku 2 wartość ta odpowiada względnemu przemieszczeniu λ_p rzędu 3% dla cebuli o średnicy 46 mm lub 6% dla pędu kapusty brukselskiej o średnicy 30 mm.



Rys. 2. Porównanie wartości średnich względnego przemieszczenia w zależności od wartości i kierunku obciążenia bocznych pędów kapusty brukselskiej oraz cebuli

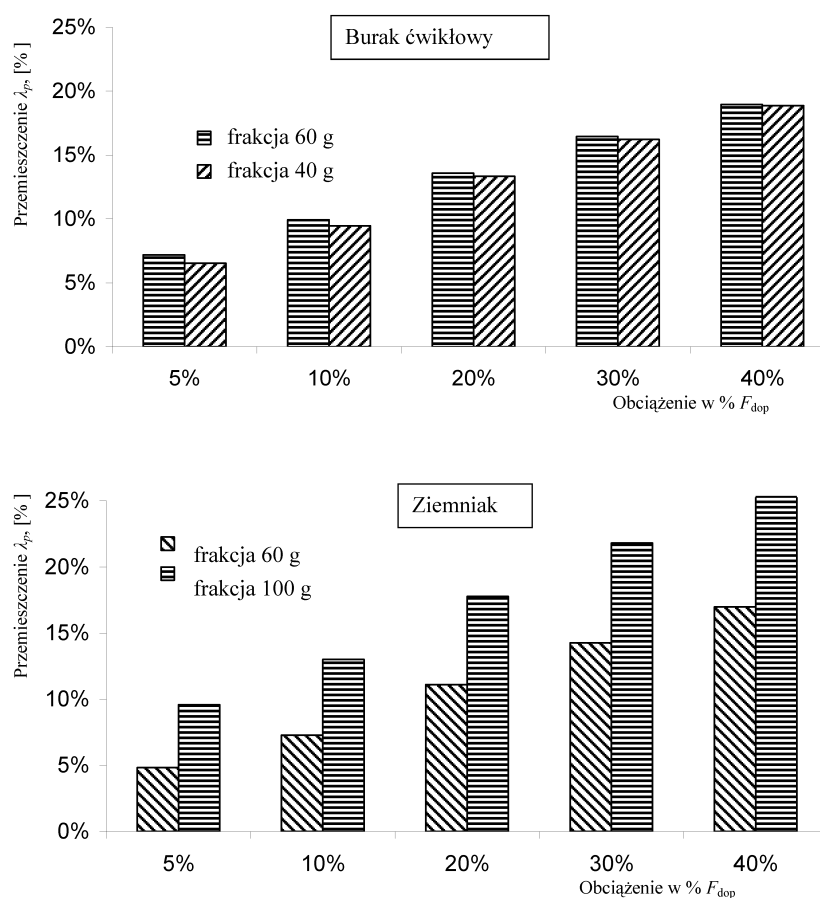
Fig. 2. Comparison of relative displacement mean values depending on the value and direction of loading side sprouts of Brussels cabbage and onion

Spośród przebadanych bulw ziemniaków i korzeni buraków ćwikłowych wydzielono dwie grupy selekcji wagowej. Było to grupy o masie odpowiednio 60 ± 6 g oraz 100 ± 10 g w odniesieniu do ziemniaków i analogicznie 40 ± 4 g oraz 60 ± 6 g w odniesieniu do buraków ćwikłowych. Najniższe wartości masy były uwarunkowane minimalnymi rozmiarami badanych warzyw, wartości najwyższe wynikały z możliwości zapewnienia kształtu kulistego oraz wartości siły F_{dop} nieprzekraczającej 900 N.

Wpływ obciążenia...

Na podstawie testów korzeni buraka ćwikłowego ustalono średnią wartość F_{dop} rzędu 500 N dla frakcji 40 g oraz 700 N dla frakcji 60 g. W przypadku bulw ziemniaka średnia wartość F_{dop} wynosiła w przybliżeniu 400 N dla frakcji 60 g oraz 500 N dla frakcji 100 g. W odniesieniu do obu gatunków warzyw kierunek przyłożonej siły nie miał istotnego wpływu na uzyskane wyniki pomiarów.

Zestawienie średnich wartości przemieszczenia dla wybranych wartości obciążenia korzeni buraka ćwikłowego oraz bulw ziemniaka zamieszczono na rysunku 3.



Rys. 3. Zmiany wartości średnich względnego przemieszczenia w zależności od obciążenia warzyw o różnej wielkości

Fig. 3. Changes in relative displacement mean values depending on loading of vegetables that differ in size

Na podstawie rysunków 2 i 3 można zauważyć podatność badanych warzyw na odkształcenia o charakterze plastycznym.

Sumaryczne zestawienie wartości średnich wybranych cech fizycznych badanych warzyw zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane cechy liczne badanych warzyw
Table 1. Selected physical properties of investigated vegetables

Obiekt badań	Gęstość, ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Zawartość suchej substancji	Wyróżnik	Współczynnik sprężystości E_C (MPa)	Obciążenie F_{dop} (N)
Burak ćwikłowy	1102 ± 65	12 ± 3%	Masa 40 g	1,27 ± 0,16	523 ± 64
			Masa 60 g	1,39 ± 0,28	709 ± 81
Ziemniak	1124 ± 43	15 ± 3%	Masa 60 g	0,89 ± 0,16	396 ± 43
			Masa 100 g	0,97 ± 0,14	518 ± 57
Cebula	998 ± 41	11 ± 2%	Kierunek osiowy	1,14 ± 0,23	178 ± 26
			Kierunek promieniowy	0,89 ± 0,12	152 ± 31
Kapusta brukselska	992 ± 33	16 ± 2 %	Kierunek osiowy	0,97 ± 0,09	218 ± 40
			Kierunek promieniowy	1,12 ± 0,15	568 ± 93

Źródło: obliczenia własne autorów

Wnioski

1. Pomimo podobieństwa rozmiarów i masy poszczególnych egzemplarzy warzyw jednego gatunku wyróżnia niejednakowa odpowiedź na zadane obciążenie. Obserwowane zróżnicowanie zachowania się warzyw różnych gatunków wyklucza możliwość zastosowania uniwersalnych rozwiązań konstrukcyjnych maszyn lub linii technologicznych do ich zbioru lub przetwórstwa.
2. Nie stwierdzono jednoznacznej zależności pomiędzy gęstością i wilgotnością materiału a jego reakcją na obciążenie podczas testu ściskania.

Bibliografia

- Blahovec J.** 2001. Static mechanic and texture of fruits and vegetables. *Research in Agricultural Engineering* 47(4). s. 144-169.
- Blahovec J.** 2005. Impact induced mechanical damage of Agria potato tubers. *Research in Agricultural Engineering* 51(2). s. 39-43.
- Bohdziewicz J.** 2006. Właściwości mechaniczne warzyw o kształcie kulistym. *Inżynieria Rolnicza* 5(80). Kraków. s. 49-57.
- Bohdziewicz J.** 2008. Ocena możliwości wyznaczenia współczynnika sprężystości warzyw o kształcie kulistym. *Inżynieria Rolnicza* 4(102). Kraków. s. 133-139.
- Gołacki K., Rowiński P.** 2006. Dynamiczne metody pomiaru własności mechanicznych owoców i warzyw. *Acta Agrophysica* 8(1). Kraków. s. 69-82.
- Herold B. et al.** 1996. Mechanical load and its effect on bulb onions due to harvest and post-harvest handling. *J. of Agric. Engr. Res.* 71. s. 373-383.

THE IMPACT OF LOAD ON DEFORMATION PROGRESS FOR BALL-SHAPED VEGETABLES

Abstract. The work presents measurement results for physical features of selected ball-shaped vegetables. Weight selection was carried out first, followed by a compression test for 10 pieces from each group of vegetables. Analysis of force-displacement relation showed the value of acceptable force F_{dop} and relative displacement as a reaction to preset load. The researchers observed diversification precluding the use of universal solutions for the construction of machines or processing lines.

Key words: vegetables, physical properties, compression test

Adres do korespondencji:

Jerzy Bohdziewicz; e-mail: jerzy.bohdziewicz@up.wroc.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chelmońskiego 37/41
51-630 Wrocław