

ZASTOSOWANIE TECHNIKI CHMI DO WYZNACZANIA ODPORNOŚCI NA OBICIA JABŁEK ODMIANY MELROSE

Krzysztof Gołacki, Grzegorz Bobin

Zakład Teorii Maszyn i Automatyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono zastosowanie techniki CHMI do wyznaczania odporności na obicia jabłek odmiany Melrose w warunkach zrzutu z różnych wysokości. Do badań wybrano jabłka zdrowe i niezdeformowane, o różnej masie i średnicy, które zostały przebadane jeden dzień po zbiorze. Dobre wysokości zrzutu gwarantowały pojawienie się obić podczas pięciu powtórzeń dla każdej wysokości zrzutu. Wartość współczynnika odporności na obicia jabłek wzrastała wraz ze wzrostem wysokości zrzutu, a odporność na obicia była najniższa przy spadku z wysokości 20 mm. Względna, ustabilizowana wysokość odbicia była niezależna od wysokości zrzutu i wynosiła około 50%.

Słowa kluczowe: jabłko, obicie, obciążenie dynamiczne, energia obicia

Wprowadzenie

Droga jabłek od zbioru do konsumenta składa się z wielu operacji takich jak: sortowanie, wielokrotny transport, pakowanie i przechowywanie. W każdej z tych operacji powstają obicia i inne uszkodzenia, których nawet przy dużej ostrożności nie da się całkowicie wyeliminować. Konsekwencje ekonomiczne uszkodzeń jabłek są ogromne, gdyż nawet niewielkie obicie inicjuje wnikanie bakterii, a także rozwój grzybów i pleśni wewnątrz owoców. Redukcja ilości obić to nie tylko zyski ekonomiczne, lecz także zdrowa żywność o wyższych walorach estetycznych oraz zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska poprzez zmniejszenie masy odpadów.

Wrażliwość na obicia definiowana jest przy pomocy, co najmniej dwóch składowych: odporności na obicia i progu obicia. Czasami dodaje się wartość maksymalną naprężenia, które może przenosić tkanka bez wywoływania deformacji komórek o charakterze nieodwracalnym. Odporność na obicia definiowana jest jako stosunek energii wywołującej obicie do objętości obicia, czyli energia przypadająca na jednostkę objętości obitej tkanki. Próg obicia to wysokość zrzutu, przy której zaczynają pojawiać się obicia. Oba te parametry zależą od kształtu jabłka (promienia krzywizny) i masy, a także wielu innych czynników wynikających z różnic odmianowych, agrotechniki i poziomu turgoru.

Składowe właściwości na obicie powinny być wyznaczane w warunkach obciążeń zbliżonych do naturalnych szczególnie w odniesieniu do prędkości i energii uderzenia. Odnosi się to zarówno do wycinków jak i całych owoców. Zdarzają się prace, w których odporność na obicie wyznaczana była w quasi statycznych warunkach obciążeń [Holt, Shoorl 1977; Blahovec 1999; Busevitz, Bartsch 1989]. Należy tu zaznaczyć, że jabłka pod obciążeniami

zeniem wykazują silne własności lepkosprężyste objawiające się zjawiskami relaksacji naprężeń i pelzania. Stąd krótki czas zadawania deformacji obciążeniem o charakterze udarowym będzie sprzyjał zwiększeniu ilości mikrouszkodzeń tkanek, gdyż gazy i płyny z przestrzeni międzykomórkowych nie zdążą przemieścić się do obszarów odciążonych o niższym ciśnieniu wewnętrznym. Z kolei w przypadku niskich prędkości deformacji trwających kilka lub kilkadziesiąt sekund, zjawisko relaksacji naprężeń, a konkretnie procesy przemieszczania gazów i płynów w przestrzeniach międzykomórkowych mają miejsce już podczas deformowania materiału. Dlatego w momencie osiągnięcia maksymalnej wartości deformacji ciśnienie działające na komórki lub fragmenty tkanek przenoszące głównie naprężenia jest niższe. Przy niższym ciśnieniu powstaje mniejsza ilość mikrouszkodzeń wewnętrznych i udział odkształceń plastycznych przypadających na jednostkę energii i odkształcenia jest także niższy [Gołacki, Dobrzański 2000; Gołacki, Stropek 2004; Chen P., Chen S. 1986]. Stąd konieczność wyznaczania odporności na obicia jabłek w warunkach obciążenia dynamicznego.

W literaturze można znaleźć wiele prac poświęconych badaniu właściwości mechanicznych jabłek [Van Zeebroeck i in. 2006; Van Zeebroeck i in. 2007; Bollen 2005; Acican i in. 2007]. Z ich analizy jak i z doświadczeń autorów niniejszej pracy wynika, że najbardziej naturalnym sposobem określenia energii obicia jabłek jest technika wielokrotnego zrzucania owoców z ustalonej wysokości i rejestrowania wartości energii pochłoniętej podczas kolejnych odbić. Technika ta pozwala także wyznaczyć wartości graniczne naprężenia nie powodującego dalszego zniszczenia tkanek.

Celem pracy było zastosowanie techniki CHMI do wyznaczania odporności na obicia jabłek odmiany Melrose w warunkach zrzutu z różnych wysokości.

Materiał i metody

Przedmiotem badań były jabłka odmiany Melrose pochodzące z Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UP w Lublinie. Do badań wybrano jabłka zdrowe i niezdeformowane o masie w zakresie od 167 g do 265 g oraz średnicy od 76,6 mm do 91,8 mm. Badania przeprowadzono jeden dzień po zbiorze. Wybrano pięć wysokości zrzutu: 20 mm, 35 mm, 50 mm, 70 mm, 80 mm. Dobrane wysokości gwarantowały pojawienie się obić podczas zrzucania, ponieważ wcześniej wyznaczony próg obicia dla badanej odmiany zawierał się w granicach 14-18 mm. Badania wykonano w pięciu powtórzeniach dla każdej wysokości zrzutu.

Stanowisko pomiarowe wykorzystane do badań działało na zasadzie wahadła i posiadało zakres regulacji wysokości zrzutu od 2 do 320 mm (prędkość początkowa udaru do $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Szczegółowy opis stanowiska oraz sposobu zbierania danych przedstawiono w pracy [Gołacki, Rowiński 2006]. W czasie pomiaru rejestrowano przebiegi siły reakcji jabłek w funkcji czasu, wysokość kolejnych odbić i pole kontaktu jabłka z płaszczyzną czujnika po ustabilizowaniu się wysokości odbicia. Po wykonaniu doświadczeń jabłka pozostawiano na jedną dobę tak, aby nastąpiło odbarwienie obitego obszaru, po czym dokonywano obliczeń objętości obicia stosując wzór podany przez Holta [Holt, Shoorl 1977]:

$$V_1 = \frac{\pi h}{24}(3d^2 + 4h^2)$$

gdzie:

- h – głębokość stłuczenia poniżej powierzchni kontaktu,
- d – średnica pola kontaktu.

Analogicznie do powyższej zależności można obliczyć objętość stłuczenia powyżej powierzchni kontaktu V_2 :

$$V_2 = \frac{\pi x}{24}(3d^2 + 4x^2)$$

gdzie:

- x – głębokość stłuczenia powyżej powierzchni kontaktu.

Całkowita objętość stłuczenia jest zatem sumą objętości poniżej i powyżej powierzchni stłuczenia.

$$V = V_1 + V_2$$

Energię obicia obliczono jako sumę energii deformacji plastycznych podczas poszczególnych obić. Wartość tej energii dla pojedynczego zrzutu oblicza się poprzez odjęcie od całkowitej energii udaru energii odkształceń sprężystych proporcjonalnej do wysokości odbicia oraz energii odkształceń lepkich wyznaczanej na podstawie wartości ustabilizowanej wysokości odbicia. W przypadku przeprowadzonego eksperymentu wysokość odbicia stabilizowała się już po czwartym zrzucie, co świadczyło o tym, że w wyniku kolejnych zrzutów nie powstawały już deformacje o charakterze plastycznym.

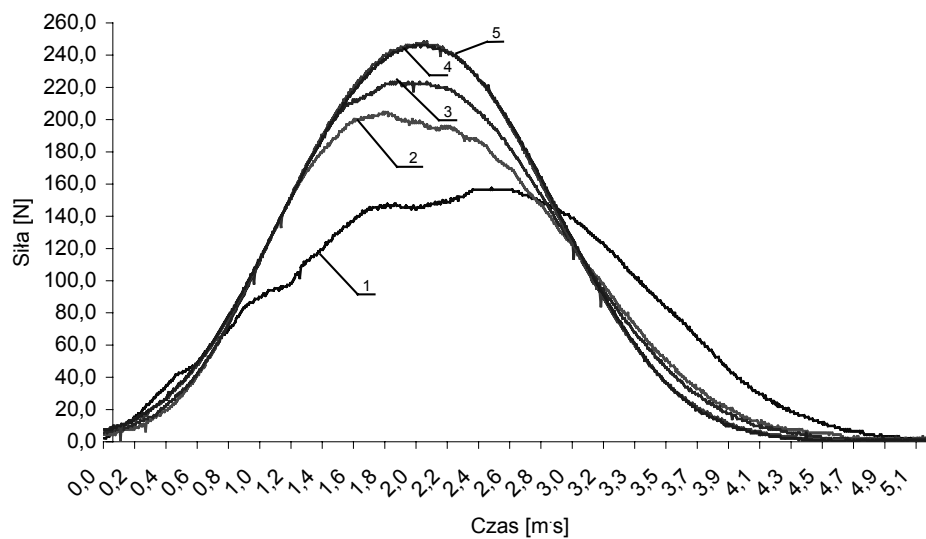
Technika CHMI została szczegółowo opisana w pracy Bajemy [Bajema, Hyde 1998].

Omówienie wyników badań

Przykładowe przebiegi siły reakcji dla zrzutu z wysokości 50 mm przedstawia rys. 1. Przebiegi siły reakcji są nieregularne i zróżnicowane, co świadczy o występowaniu lokalnych pęknięć podczas udaru. Nieregularne przebiegi o najniższych wartościach siły reakcji występowały podczas pierwszych zrzutów. Ostatnie regularne i nakładające się świadczą o ustabilizowaniu się wysokości odbicia.

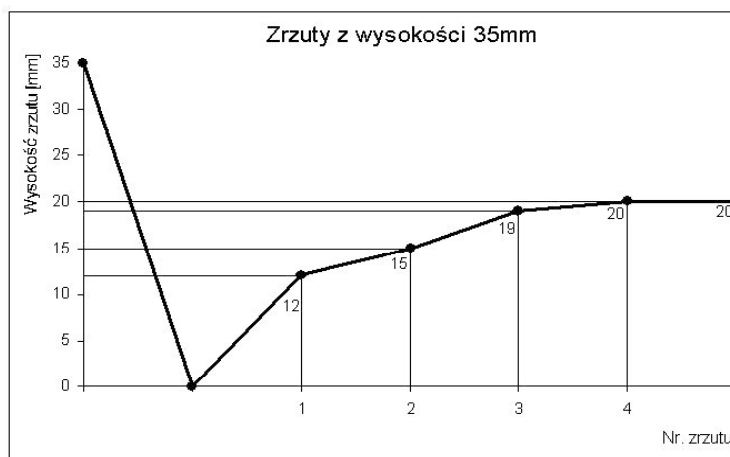
Na rysunku 2 przedstawiono sposób rejestracji wyników eksperymentu dla jednego jabłka przy wysokości zrzutu 35 mm. Po kolejnych zrzutach wysokość odbicia wzrastała osiągając przy czwartym zrzucie ustabilizowaną wartość 20 mm.

Aproksymacje uśrednionych przebiegów wysokości odbicia dla wszystkich wysokości zrzutu przedstawia rysunek 3. Z przebiegu krzywych wynika, że proces stabilizacji odbicia przebiega w podobnym tempie dla wszystkich wysokości zrzutu.



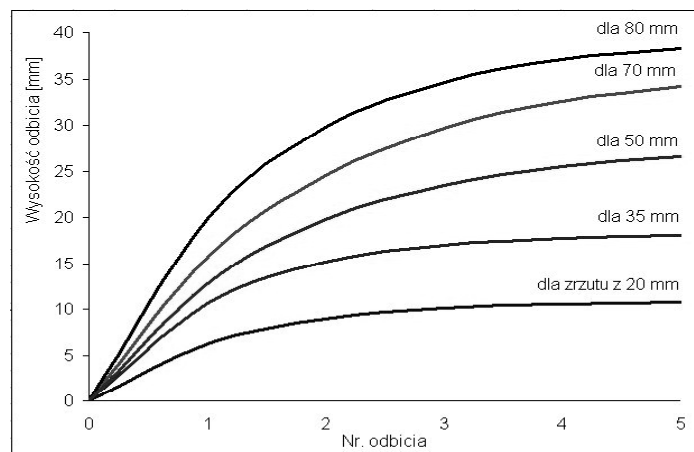
Rys. 1. Przykładowe przebiegi siły reakcji jabłek świeżych dla wysokości zrzutu 50 mm. Liczby oznaczają przebiegi siły podczas kolejnych zrzutów

Fig. 1. Example trajectories of fresh apple reaction force for drop height 50 mm. The numbers indicate force trajectories during successive drops

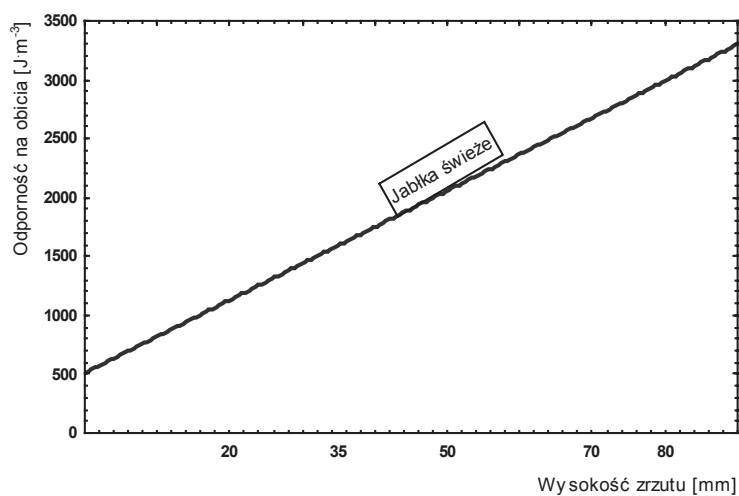


Rys. 2. Sposób rejestracji wyników dla jednego jabłka przy wysokości zrzutu 35 mm. Na rysunku dla kolejnych zrzutów podano wysokości odbicia

Fig. 2. The method of registering the results for one apple at drop height 35 mm. The figure shows rebound heights for successive drops



Rys. 3. Aproksymacja uśrednionych przebiegów wysokości odbicia dla pięciu wysokości zrzutu
 Fig. 5. Approximation of averaged rebound height trajectories for five drop heights



Rys. 4. Zależność współczynnika odporności na obicia od wysokości zrzutu dla jabłek świeżych
 Fig. 4. Relationship between resistance to bruising coefficient and drop height for fresh apples

Również na podobnym poziomie ok. 50% pozostają wartości względnego współczynnika ustabilizowanej wysokości odbicia, który jest wyrażonym w procentach stosunkiem ustabilizowanej wysokości odbicia do wysokości zrzutu. Wartość ta mówi o procentowym udziale energii odkształceń sprężystych (odwracalnych) do całkowitej energii uderzenia. Pozostałą część jest rozpraszana na przepływ gazów i płynów w przestrzeniach międzykomórkowych. Procesy te nie powodują kolejnych zniszczeń struktur tkankowych, ponieważ nie występują już deformacje o charakterze plastycznym.

Wartości współczynnika odporności na obicia w funkcji wysokości zrzutu przedstawia rysunek 4. Odporność na obicia była najniższa w przypadku małych wysokości zrzutu (20 mm) i wzrastała kilkukrotnie wraz ze wzrostem wysokości zrzutu w badanym zakresie wysokości. Jest to zjawisko niekorzystne, gdyż świadczy o najwyższej podatności na obicia jabłek odmiany Melrose podczas spadków z niskich wysokości.

Wnioski

1. Stwierdzono silny wzrost wartości współczynnika odporności na obicia jabłek odmiany Melrose wraz ze wzrostem wysokości zrzutu i jednocześnie najniższą odporność na obicia przy spadku z wysokości 20 mm.
2. Względna, ustabilizowana wysokość odbicia była niezależna od wysokości zrzutu i wynosiła około 50%. Oznacza to, że po osiągnięciu odpowiednio dużego pola kontaktu, udział energii odkształceń sprężystych i lepkich podczas uderzenia jabłka jest równy.

Bibliografia

- Acican T., Alibas K., Ozelkok I.S.** 2007. Mechanical damage to apples during transport in wooden crates. *Biosystems Engineering* 96(2). s. 239-248.
- Bajema R.W., Hyde G.M.** 1998. Instrumented pendulum for impact characterization of whole fruit and vegetable specimens. *Transaction of the ASAE*, 41(5). s. 1399-1405.
- Blahovec J.** 1999. Bruise resistance coefficient and bruise sensitivity of apples and cherries. *Int. Agrophys.* 13. s. 315-321.
- Bollen A.F.** 2005. Major factors causing variation in bruise susceptibility of apples (*Malus domestica*) grown in New Zealand. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 33. s. 201-210.
- Brusewitz G.H., Bartsch J.A.** 1989. Impact parameters related to post harvest bruising of apples. *Trans. ASAE* 32. s. 953-957.
- Chen P., Chen S.** 1986. Stress-relaxation functions of apples under high loading rates. *Trans. ASAE* 29(6). s. 1754-1759.
- Gołacki K., Dobrzański B.** 2000. Stress-relaxation functions of carrot root under slow and high loading rates. *Proceedings of 4th International Conference on Agro and Food Physics, Istanbul, May.* p45.
- Gołacki K., Rowiński P.** 2006. Dynamiczne metody pomiaru własności mechanicznych owoców i warzyw. *Acta Agrophysica*, 139, 8(1). s. 69-83.
- Gołacki K., Stropek Z.** 2004. Adekwatność opisu relaksacji materiału roślinnego na obciążenia mechaniczne na gruncie teorii liniowej lepkosprężystości. *Acta Agrophysica* 106, 3(3). s. 453-463.
- Holt J.E., Schoorl D.** 1977. Bruising and energy dissipation in apples. *Journal of Textures Studies* 7. s. 421-432.
- Van Zeebroeck M., Van Linden V., Ramon H., De Baerdemaeker J., Nicolai B. M., Tijskens E.** 2007. Impact damage of apples during transport and handling. *Postharvest Biol. Technol.* 45. s. 157-167.
- Van Zeebroeck M., Van Linden V., Darius P., De Ketelaere B., Ramon H., Tijskens E.** 2007. The effects of fruit factors on the bruise susceptibility of apples. *Postharvest Biol. Technol.* 46. s. 10-19.

USING OF THE “CHMI” TECHNIQUE TO DETERMINE RESISTANCE TO BRUISING FOR MELROSE VARIETY APPLES

Abstract. The paper presents using of the CHMI technique for determining Melrose variety apples resistance to bruising in conditions of drop from different heights. Healthy and undeformed apples were selected for the tests. The apples had various masses and diameters and were examined one day after harvest. Selected drop heights guaranteed occurrence of bruises during five repetitions for each drop height. The value of apple resistance to bruising coefficient was increasing with growing drop height, and resistance to bruising was lowest for drop from 20 mm height. Relative, stabilised rebound height was independent of drop height and was approximately 50%.

Key words: apple, bruise, dynamic load, bruising energy

Adres do korespondencji:

Krzysztof Gołacki; e-mail: krzysztof.golacki@up.lublin.pl
Zakład Teorii Maszyn i Automatyki,
Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Doświadczalna 50A
20-280 Lublin