

PODATNOŚĆ GRUSZEK NA OBICIA PO ZBIORZE I PRZECHOWYWANIU

Tomasz Lipa¹, Iwona Szot¹, Bohdan Dobrzański jr.^{1,2}, Magdalena Kaplan¹,
Piotr Baryła¹

¹Katedra Sadownictwa i Szkółkarstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin

²Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie
ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: bdob@ipan.lublin.pl

Streszczenie. Grusza po jabłoni zajmuje drugie miejsce w światowej produkcji owoców ziarnkowych strefy klimatu umiarkowanego. W Polsce do tej pory jej produkcja była niewielka ze względu na niesprzyjające warunki klimatyczne, wrażliwość drzew i kwiatów gruszy na mrozy i przymrozki. Do poważnych problemów należy zaliczyć trudności z przechowywaniem, szybkie przejrzenie gruszek, dużą podatność na obicia owoców podczas obrotu handlowego. O atrakcyjności gruszek decyduje nie tylko ich tekstura i barwa, jędrność, soczysty miąższ, ale też smak, aromat oraz wartość odżywcza. Celem badań było określenie oraz porównanie podatności na obicia owoców popularnych na naszym rynku odmian ‘Konferencja’ i ‘Lukasówka’ oraz nowych odmian ‘Concorde’ i ‘Amfora’. W badaniach zastosowano test udarowy, w którym szklaną kulkę o masie 25,68 g zrzucono z wysokości 20, 40 i 80 cm, uzyskując energię 0,5, 0,1 i 0,2 J. Metoda udarowa pozwala na ocenę podatności gruszek na obicia i umożliwia porównanie odmian. Owoce odmiany ‘Konferencja’ i ‘Concorde’ wykazały mniejszą podatność na uszkodzenia. Przechowywanie gruszek przez cztery miesiące w chłodni w temperaturze 1.5°C i wilgotności około 90% nie wpływa istotnie na podatność na obicia owoców odmian ‘Konferencja’, ‘Concorde’ i ‘Lukasówka’. Porównując wielkość obić pod wpływem energii udaru 0,2 J, po przechowywaniu zaobserwowano, że wyznaczona objętość obicia owoców odmiany ‘Concorde’ (312,47 mm³) jest ponad trzykrotnie mniejsza niż objętość obić odmiany ‘Amfora’ (1075,13 mm³). Odmiana ‘Concorde’ jest obiecującą odmianą, ze względu na swoją małą podatność na obicia i odporność na uszkodzenia mechaniczne, a zarazem najwyższą zawartość ekstraktu i cukrów w owocach.

Słowa kluczowe: grusza, owoce, obicia, udar, przechowywanie

WSTĘP

Grusza to ważny gatunek klimatu umiarkowanego i w światowej produkcji owoców ziarnkowych tej strefy zajmuje drugie miejsce po jabłoni. Roczna produkcja tych owoców wynosi około 8 milionów ton, a największymi producentami gruszek są Włochy, USA, Hiszpania, Argentyna i Niemcy. W Polsce produkcja gruszek nie przekracza 80 tys. ton, jednak systematycznie rośnie. Dla porównania, produkcja jabłek w Polsce osiągnęła w tym roku rekordowy wynik powyżej 4,8 mln ton WAPA (2018) i fakt ten spowodował, że uprawa tego gatunku stała się nieopłacalna. Należy zastanowić się nad koniecznością ograniczenia produkcji jabłek oraz powstrzymaniem nowych nasadzeń, proponując w zamian sadownikom uprawę innych gatunków, do których można zaliczyć gruszę, na którą w ostatnich latach rośnie popyt (Sosna 2007) i jak uważa Vercammen (2002), jej produkcja jest opłacalna.

Dzięki postępowi w hodowli, jaki dokonał się w ciągu ostatnich 30 lat oraz otwarciu na zachodnie rynki, wprowadzone zostały nowe odmiany (Vayasse i in. 2015), które dotychczas oprócz dominujących od wielu lat na naszym i europejskim rynku odmian 'Konferencja' i 'Lukasówka' nie były uprawiane.

W Polsce do tej pory produkcja była niewielka, między innymi ze względu na niesprzyjające warunki klimatyczne, większą wrażliwość drzew i kwiatów gruszy na mrozy i przymrozki. Na niepowodzenie w uprawie gruszy wpływa również późne wchodzenie drzew w okres owocowania, zwłaszcza odmian rosnących na podkładce 'grusza kaukaska' oraz niższa odporność na zarazę ogniową, niewielki wybór podkładek (Sosna 2000), a także niższą produktywność w porównaniu z sadami jabłoniowymi. Do poważnych problemów należy zaliczyć trudności z przechowywaniem (Wawrzyńczak 2006) i stosunkowo szybkie przejrzenie gruszek, a w związku z tym bardzo dużą podatność na uszkodzenia owoców podczas obrotu handlowego i transportu.

Dobrzański i Rybczyński (2001a, b) stwierdzili, że o atrakcyjności gruszek decyduje nie tylko ich tekstura i barwa, jędrność, soczysty miąższ, ale też smak, aromat oraz wartość odżywcza i zdrowotna, charakteryzująca się właściwym stosunkiem kwasów do węglowodanów, poziomem witamin, pektyn i innych związków prozdrowotnych. Gruszka, oprócz walorów smakowych, zawiera dużo witamin, soli mineralnych, a przede wszystkim zawiera pektyny niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu oraz odgrywające leczniczą rolę przy zapaleniach przewodu pokarmowego i zatruciach (Dziedzic i in. 2013). Sok gruszkowy jest wskazany w zapaleniu gardła, tarczycy, anemii i rzadko wywołuje alergię, dlatego też mogą spożywać go alergicy, a nawet karmiące matki.

Gruszki dojrzewają w krótkim czasie, ich skórka żółknie i miąższ robi się miękki, a tkanki te łatwo ulegają uszkodzeniu, dlatego istotny wpływ na decyzję o zakupie gruszek odgrywa też brak obić i uszkodzeń skórki, które to uszkodzenia

najczęściej powstają pod wpływem dużych prędkości deformacji. Ocena właściwości mechanicznych, czyli deformacji spowodowanej obciążeniem udarowym, realizowana jest dwoma metodami; to jest, gdy sztywny element uderza o powierzchnię owocu lub, gdy owoc spadając z pewnej wysokości, uderza o twardą powierzchnię, ewentualnie też uderza o inny owoc. W tym przypadku siła odpowiedzi częściowo sprężystego ciała, jakim jest owoc uderzający o sztywną powierzchnię, jest zależna od prędkości uderzenia, masy i promienia krzywizny owocu oraz jego modułu sprężystości. Problemem pojawiającym się przy technikach zrzucania owocu na czujnik siły (tensometryczną głowicę pomiarową) lub akcelerometr (czujnik przyspieszenia), jest fakt, że rejestrowana energia kinetyczna zależna jest od masy owocu i prędkości, a przebieg zamiany energii w pracę deformacji postaciowej owocu jest zależny od promienia krzywizny (zmiennego w czasie pola kontaktu) i wartości ujemnego przyspieszenia zależnego od właściwości lepko-sprężystych zrzucanego owocu (Chen, 1996, Dobrzański i in., 2006). Zależność od tych parametrów powoduje niską powtarzalność pomiarów, dlatego aby ograniczyć ich wpływ, do badań używa się zwykle owoce o tej samej masie oraz kształcie, dzięki czemu prowadzić można badania porównawcze; na przykład wpływ warunków przechowywania, czy porównanie odmian. Dobrzański (1997) przedstawił stanowisko do badań deformacji owocu przy dużych prędkościach, w którym układ tensometryczny oraz zestaw firmy Hottinger umożliwiają rejestrację energii kinetycznej spadającego owocu i jej zamiany w pracę deformacji miąższu oraz przebieg przyspieszenia i siły, a zarazem poprawną interpretację powstawania obić, jednak zestaw ten jest zbyt drogi, aby mógł znaleźć szersze zastosowanie.

Innym podejściem jest uderzanie owocu ciałem o znanej masie i kształcie, a najczęściej jest to mała sztywna kula, czyli idealnie sprężyste ciało. Zaletą tej metody jest to, że siła odpowiedzi na uderzenie jest niezależna od masy owocu i pomiar jest mniej zależny od wymiarów i kształtu owocu, ze względu na małą powierzchnię kontaktu z kulą. Technika ta została po raz pierwszy opisana przez Chena i in. (1984, 1985). Chen i Sun (1991) skonstruowali małej masy czujnik, przyspieszany do dużej prędkości, który następnie został przetestowany przez Chena i Ruiz-Altisent (1996), jednak satysfakcjonujące rezultaty uzyskali tylko dla owoców kiwi i brzoskwiń, czyli owoców, które w stanie dojrzałości konsumpcyjnej zdecydowanie łatwiej podlegają trwałej deformacji postaciowej niż jabłka, a takimi owocami są również dojrzałe gruszki, które mogą ulegać deformacji postaciowej na skutek nawet niewielkich odkształceń dynamicznych.

W Polsce zainteresowanie uprawą gruszek może wzrosnąć, jeżeli technologia produkcji, zbioru, przechowywania oraz warunki handlu zostaną w pełni rozpoznane i dostosowane do właściwości tych owoców, a jednym z najważniejszych problemów do rozwiązania jest ograniczenie uszkodzeń i obić podczas obrotu.

Celem badań było porównanie podatności na obicia owoców, popularnych na naszym rynku odmian ‘Konferencja’ i ‘Lukasówka’ oraz nowych odmian ‘Concord’ i ‘Amfora’, przy wykorzystaniu metody udarowej, w której szklaną kulkę o znanej masie zrzucano z różnych wysokości tak, aby ocenić wpływ energii udaru na podatność na obicia owoców badanych odmian, a także określono właściwości fizyczne i chemiczne gruszek bezpośrednio po zbiorze i po okresie przechowywania, aby ocenić możliwość przechowywania gruszek badanych odmian w okresie zimowym.

MATERIAŁ I METODY

Owoce odmian: ‘Konferencja’ i ‘Lukasówka’, ‘Concorde’ i ‘Amfora’ w fazie dojrzałości zbiorczej zebrano w 2013 i 2014 roku, czyli 6 i 7 roku po posadzeniu. Sad o powierzchni 9 ha założono w miejscowości Stryjno k. Lublina (51°03'11.87"N 22°50'49.29"E), a drzewka badanych odmian posadzono na podkładce Pigwa C, w rozstawie 3,2 × 0,9 m, na glebie brunatnej wytworzonej z gliny zwięzłej, klasy bonitacyjnej IVa, zawierającej 20-30% części spławianych.

Po zbiorze owoce umieszczono na okres 4 miesięcy w zwykłej chłodni, w temperaturze 1.5°C i wilgotności około 90%. Część owoców przewieziono do laboratorium i po doprowadzeniu do temperatury pokojowej 23°C, przeprowadzono badania w I terminie, czyli bezpośrednio po zbiorze. Badania w II terminie wykonano po 4-miesięcznym okresie przechowywania, a wyjęte owoce z chłodni doprowadzono do tych samych warunków jak w I terminie.

Metody analityczne

Analizy wykonano na pięćdziesięciu losowo wybranych owocach bezpośrednio po zbiorze i po 4-miesięcznym przechowywaniu. Oznaczono następujące analizy i cechy gruszek:

- sucha masa (%) – metodą suszarkowo-wagową susząc pobrane próbki w temperaturze 60°C, w trzech powtórzeniach,
- zawartość ekstraktu cukrowego (%) – określono za pomocą refraktometru Abbego na 10 owocach dla każdej kombinacji,
- zawartość cukrów redukujących (%) – metodą Schoorla-Luffa, w trzech powtórzeniach,
- zawartość kwasów organicznych (%) – w przeliczeniu na kwas cytrynowy (potencjometrycznie), w trzech powtórzeniach,
- masa pojedynczego owocu (g) – wyznaczono za pomocą wagi elektronicznej o dokładności do 0,001 g.

Test jędrności

Pomiary wykonano na 30 owocach, a na każdym owocu dwukrotnie.

Jędrność miąższu w owocach ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) – określono, przy użyciu ręcznego jędrnościomierza Magnessa-Taylora, zamontowanego w uchwycie dźwigniowym zapewniającym powtarzalne warunki przesuwu penetrometru przy zbliżonej prędkości i sile.

Test udarowy

Do pomiarów wielkości obić wybrano po 20 gruszek, o zbliżonej wielkości i kształcie. Obicia wykonywano w trzech położeniach dla każdego owocu na obwodzie w miejscu największej średnicy, gdzie gruszki są narażone na obicia.

Test udarowy (energia kinetyczna – J) – przeprowadzono, zrzucając szklaną kulkę o masie 25,68 g z wysokości: 20, 40 i 80 cm, dzięki czemu uzyskano trzy różne poziomy wartości energii kinetycznej, odpowiednio: 0,05; 0,1 i 0,2 J. Kulę zrzucano w plastikowej rurze, o średnicy wewnętrznej 26,5 cm, tak aby precyzyjnie sterować położeniem miejsca kontaktu kuli z owocem.

Pomiary geometryczne

Pomiary geometrycznych wielkości związanych z kształtem owoców oraz wymiary identyfikujące wielkość obić powstałych w teście udarowym przeprowadzono za pomocą suwmiarki elektronicznej o dokładności 0,01 mm. Na podstawie liniowych wymiarów gruszek określono współczynnik kształtu zgodnie z zaproponowanym wzorem przez Omobuwajo i in. (1999):

$$R = W \cdot 100 \cdot L^{-1} \quad (1)$$

gdzie: L – długość (mm); W – szerokość (mm).

Wielkość obić określano w 30 powtórzeniach, wykorzystując wzór na objętość powstałych obić zaproponowany przez Barreiro (1999):

$$V = \pi \cdot d^2 \cdot t \cdot 6^{-1} \quad (\text{mm}^3) \quad (2)$$

gdzie: d – średnica przekroju obicia (mm), t – głębokość obicia (mm).

Wzór ten zastosował również Blahovec (2001), określając parametry teksturalne i mechaniczne dla kilku gatunków owoców i warzyw, uzyskując porównywalne wyniki objętości obić uzyskanych przez Mohsenin'a (1970) oraz Holt'a i Schoorl'a (1977), którzy wykorzystali klasyczne wzory.

Wykonanie pomiarów geometrycznych obić jest możliwe dzięki widocznemu różnicowaniu barwy zgniecionej tkanki, która wskutek reakcji utlenienia zachodzącej w uszkodzonych komórkach miąższu powoduje jej brunatnienie i ciemnienie, w stosunku do nieuszkodzonej warstwy miąższu o barwie jasnej.

Wyniki poddano analizie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji (ANOVA) i test Tukey'a przy $P = 0,05$, korzystając z pakietu Statistica.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizując wpływ przechowywania gruszek przez okres 4 miesięcy w chłodni zwykłej, zaobserwowano, że średnia masa owoców odmian 'Konferencja', 'Concorde' i 'Lukasówka' przed (tab. 1) i po przechowywaniu (tab. 2) nie różniła się. Podobnie potwierdzają to pomiary wymiarów gruszek przedstawione w tabelach 1 i 2. Świadczy to, że wpływ przechowywania na jakość gruszek był nieznaczny. Natomiast gruszki odmiany 'Amfora' posiadały po zbiorze średnio masę 269,6 g (tab. 1), a po przechowywaniu średnia masa gruszek zmniejszyła się do wartości 214,8 g (tab. 2). Wynikałoby stąd, że gruszki tej odmiany w trakcie przechowywania tracą wodę, jednak analizując wymiary geometryczne owoców, można zauważyć, że tylko gruszki odmiany 'Amfora' były zdecydowanie krótsze w drugim terminie badań (115,67 mm w I terminie, a 109,65 mm w II terminie) i jest to wytłumaczenie ich mniejszej masy, zależnej od wielkości a nie od warunków przechowywania. Populacje pozostałych odmian w zasadzie nie różnią się i wymiary gruszek (długość i szerokość) są zbliżone w obu terminach dla pozostałych odmian. Natomiast wyznaczając współczynnik kształtu S, można stwierdzić, że tylko owoce odmiany 'Lukasówka' wyróżniają się bardziej podłużnym kształtem, niezależnie od terminu badań ($S = 79,24$ w I terminie, a $S = 80,17$ w II terminie).

Tabela 1. Pomiary geometryczne gruszek, współczynnik kształtu S oraz masa owoców po zbiorze
Table 1. Geometrical characteristics of pears, shape coefficient S and fruit mass after harvest

Odmiana / Variety	Masa / Mass (g)	Długość / Length L (mm)	Szerokość / Width W (mm)	Współczynnik kształtu Shape coefficient – S
Konferencja	219,6	116,10	67,29	57,96
Concorde	215,8	122,92	69,18	56,28
Lukasówka	276,8	91,23	73,14	79,24
Amfora	269,6	115,67	69,11	59,31

Tabela 2. Pomiary geometryczne gruszek i współczynnik kształtu S oraz masa owoców po przechowywaniu

Table 2. Geometrical characteristics of pears, shape coefficient S and fruit mass after storage

Odmiana / Variety	Masa / Mass (g)	Długość / Length L (mm)	Szerokość / Width W (mm)	Współczynnik kształtu Shape coefficient – S
Konferencja	220,0	116,10	67,27	57,94
Concorde	215,8	122,92	68,84	56,00
Lukasówka	276,8	91,23	73,14	80,17
Amfora	214,8	109,65	70,30	64,11

Przeprowadzone badania gruszek po zbiorze i po przechowywaniu wskazują, że większość badanych parametrów jakości owoców w niewielkim stopniu ulegała zmianom. Sucha masa miąższu gruszek dla większości odmian nie różniła się statystycznie po tym okresie, za wyjątkiem miąższu gruszek odmiany 'Konferencja', dla których s.m. po przechowywaniu wzrosła istotnie z 14,49 do 16,66%, świadcząc o tym, że owoce tej odmiany tracą więcej wody niż owoce pozostałych odmian (tab. 3). Potwierdzają to również wartości jędrności gruszek tej odmiany, które zmalały w największym stopniu po okresie przechowywania (tab. 3). Jędrność gruszek pozostałych odmian była również mniejsza po okresie przechowywania, jednak tylko dla odmiany 'Concorde' są to różnice nieistotne statystycznie, co wskazuje, że jest to odmiana najlepiej przystosowana do przechowywania jej owoców nawet w warunkach chłodni zwykłej. Potwierdzają to badania Wawrzyńczaka (2006), który podaje, że nieuszkodzone gruszki z szypułką przechowuje się w temperaturze ok. 1°C nawet do stycznia, ale zaznacza jednak, że aby gruszki uzyskały właściwy smak danej odmiany, trzeba je przenieść do temperatury pokojowej na okres 5-10 dni.

Tabela 3. Sucha masa, ekstrakt, kwasy, cukry w miąższu oraz jędrność gruszek po zbiorze i przechowywaniu

Table 3. Dry matter, extract, acids, sugars in tissue and pear firmness after harvest and storage

Odmiana Variety	Termin Term	Sucha masa Dry matter (%)	Jędrność Firmness (kg·cm ⁻²)	Ekstrakt Extract (%)	Kwasy Acids (%)	Cukry Sugars (%)
Konferencja	PZ/AH	14,49 a	4,3 b	13,8 b	0,127 a	8,27 a
	PP/AS	16,66 bc	3,6 a	14,1 bc	0,150 a	8,30 a
Lukasówka	PZ/AH	15,41 ab	5,4 e	14,2 bc	0,260 b	8,25 a
	PP/AS	13,94 a	4,2 b	11,6 a	0,260 b	8,25 a
Concorde	PZ/AH	19,41 e	4,9 c-e	16,9 e	0,120 a	9,68 b
	PP/AS	18,51 de	4,7 b-d	15,7 d	0,120 a	9,68 b
Amfora	PZ/AH	16,70 bc	5,1 de	14,1 bc	0,150 a	8,33 a
	PP/AS	17,06 cd	4,5 bc	14,6 c	0,150 a	8,33 a
Średnia / Mean	PZ/AH	16,51 A	4,9 B	14,8 B	0,164 A	8,63 A
	PP/AS	16,55 A	4,3 A	14,0 A	0,170 A	8,64 A

PZ – po zbiorze, PP – po przechowywaniu / AH – after harvest, AS – after storage

Analizując wartości pozostałych parametrów jakości owoców przedstawione w tabeli 1, takie jak: ekstrakt, zawartość kwasów i cukrów, nie zaobserwowano istotnie statystycznych różnic i można stwierdzić, że jakość owoców nie ulegała zmianom w trakcie okresu przechowywania. Natomiast można zauważyć, że jakość owoców badanych odmian jest bardzo zróżnicowana.

Oceniane odmiany gruszek w niewielkim stopniu różniły się zawartością cukrów i kwasów, stwierdzono natomiast różnice w jędrności i zawartości ekstraktu między odmianami i terminem pomiarów. Największy spadek jędrności w trakcie przechowywania odnotowano w przypadku odmiany 'Lukasówka', a najmniej u odmiany 'Concorde', co potwierdzają zbliżone wyniki uzyskane przez

Nadulskiego in. (2012). W czasie przechowywania zawartość ekstraktu u odmiany 'Lukasówka' i 'Concorde' malała i była istotnie niższa od zawartości ekstraktu bezpośrednio po zbiorze (tab.3). Wykazano również duże różnice w zawartości suchej masy między odmianami, zaś niewielkie różnice między terminami badań (zbiór, przechowywanie).

W owocach odmiany 'Concorde' zanotowano najwyższą zawartość ekstraktu i cukrów, lecz owoce te charakteryzowały się najniższą kwasowością. Zawartość cukrów oraz ekstraktu w owocach pozostałych odmian była na podobnym poziomie, a warunki przechowywania nie wpływały na zmianę ich jakości.

Gruszki dojrzewają w krótkim czasie, ich skórka żółknie i miąższ robi się miękki, a tkanki łatwo ulegają uszkodzeniu, dlatego istotny wpływ na decyzję o zakupie gruszek odgrywa też brak obić i uszkodzeń skórki. Uszkodzenia mogą się objawiać pęknięciami, odbarwieniem skórki lub częściowym jej usunięciem. Dobrzański i in. (2003) badając właściwości mechaniczne skórki owoców i współczynnik tarcia, zauważyli, że miejsca uszkodzeń skórki stają się ogniskiem infekcji, przyczyniają się do zmian fizjologicznych i przyspieszają transpirację owoców. Częstym rodzajem uszkodzeń powstających już podczas zbioru, a następnie transportu, sortowania i sprzedaży są też obicia (Dobrzański i Rybczyński 2002, 2003, Garcia i in. 1995, Chen i Sun 1981, Chen i Yazdani, 1991). Dobrzański i Rybczyński (2002) oraz Labavitch i in. (1998) definiują je jako uszkodzenia miąższu owoców, prowadzące do zmiany jej barwy, występujące na ogół bez rozerwania skórki. Zmiana barwy miąższu następuje w wyniku uszkodzenia ścian jego komórek, a reakcje enzymatyczne prowadzą do ciemnienia (Dobrzański i Rybczyński 2002, 2003). Obicia spowodowane mogą być trzema rodzajami obciążeń: ściskaniem, uderzeniem i wibracją (Brusewitz i Bartsch 1989, Dobrzański i in. 2006). Skórka i przypowierzchniowa warstwa miąższu są najbardziej narażone na uszkodzenia, a stan owocu jest oceniany przez dotyk, czyli wrażenia w oparciu o kontakt z tą warstwą. Dobrzański (1997), Dobrzański i in. (2006), a także Dobrzański i Rybczyński (2008) przedstawili przegląd metod pomiaru mechanicznych właściwości i podzielili je na bezpośrednie, wytrzymałościowe; w tym testy ściskania, ścinania, tarcia, rozciągania i udarowe oraz metody pośrednie (wibracyjne, akustyczne, ultradźwiękowe, rentgenowskie). Badania właściwości mechanicznych owoców prowadzone są według różnych metod pomiarowych, w których wykorzystuje się często prototypowe urządzenia badawcze, a najczęściej stosowany test jędrności, który nie zapewnia prawidłowej interpretacji wyników.

Właściwości teksturalne i związki między wielkościami mechanicznymi a teksturą gruszek są nadal w niewystarczającym stopniu poznane, a nieliczne prace opisujące badania właściwości gruszek (Dobrzański i Rybczyński 2001a,b, Dziedzic i in. 2013, Garcia i in. 1995, Lipa i Szot 2013, Vaysse i in. 2005) są jeszcze niepełną charakterystyką ich podatności na obicia, zwłaszcza nowych odmian.

Pomimo czynionych wysiłków brak jest nadal satysfakcjonującego opisu reakcji tkanki roślinnej na obciążenie o charakterze dynamicznym (Chen i in. 1984, Chen i Ruiz-Altisent 1996). Ponadto wciąż jeszcze nie ma uniwersalnych metod i technik do oceny wrażliwości produktów ogrodniczych na obciążenia udarowe, które występują w rzeczywistych warunkach zbioru, transportu i przeładunku oraz wstępnych etapów przygotowania owoców do sprzedaży (Chen i in. 1985 1996).

Dlatego w niniejszej pracy przedstawiono ocenę podatności gruszek na obicia z wykorzystaniem metody udarowej i określono geometryczne wielkości, mierząc średnicę i głębokość obić oraz wyznaczono w oparciu o wzór przedstawiony przez Barreiro (1999) objętość obić gruszek po zbiorze (tab. 4) i po okresie przechowywania (tab. 5). Wzór ten zastosował też Blahovec (2001), określając parametry teksturalne i mechaniczne dla kilku gatunków owoców i warzyw i uzyskał porównywalny do objętości obić uzyskiwanych przy wykorzystaniu klasycznych wzorów (Mohsenin 1970, Holt i Schoorl 1977).

Tabela 4. Wielkości geometryczne obić po zbiorze dla trzech poziomów energii udaru
Table 4. Geometrical characteristics of bruising after harvest of pears at three impact levels

Odmiana Variety	Energia udaru Impact energy (J)	Wielkości geometryczne obić / Geometrical characteristics of bruising					
		Objętość / Volume (mm ³)		Średnica / Diameter (mm)		Głębokość / Depth (mm)	
		Srednia Mean	Srednia Mean	Srednia Mean	Srednia Mean		
Konferencja	0,05	50,29 a	199,37 a	6,62 a	8,55 a	2,18 a	3,86 a
	0,1	71,64 ab		7,91 b		2,17 a	
	0,2	476,18 e		11,11 d		7,22 ef	
Concorde	0,05	41,43 a	207,64 a	6,49 a	8,66 a	1,86 a	3,97 ab
	0,1	117,25 ab		8,11 b		3,39 b	
	0,2	464,25 e		11,39 d		6,66 e	
Lukasówka	0,05	136,58 b	372,27 b	7,70 b	10,43 b	4,33 c	5,78 c
	0,1	357,86 d		10,83 d		5,79 d	
	0,2	622,36 f		12,76 e		7,23 ef	
Amfora	0,05	63,11 ab	236,78 b	7,42 b	10,02 b	2,18 a	4,82 b
	0,1	226,83 c		9,57 c		4,66 c	
	0,2	690,40 f		13,08 e		7,62 f	

Oczywistym faktem stało się, że wielkości geometryczne obić określone za pomocą pomiarów ich średnicy i głębokości oraz wyznaczonej w oparciu o te wyniki, objętości zależne są w głównej mierze od wartości dostarczonej energii udaru (tab.7/5), co potwierdzili wcześniej Gołacki i Rowiński (2006) oraz Komarnicki i Stopa (2013). Jednak, reakcja owoców poszczególnych odmian była zróżnicowana. Analizując głębokość obić, można stwierdzić, że zarówno po zbiorze (tab. 2), jak i po przechowywaniu (tab. 5) gruszki odmiany 'Konferencja' pod wpływem energii 0,05 J i 0,1 J ulegały podobnym deformacjom postaciowym. Dopiero energia 0,2 J powodowała prawie czterokrotnie głębsze uszkodzenie tkanki. Ciekawym zjawiskiem jest fakt, że po przechowywaniu owoce większości odmian ulegają podobnej

deformacji (tab. 5), za wyjątkiem gruszek odmiany 'Amfora', u których zanotowano zdecydowanie głębsze wgniecenia dla każdego poziomu energii udarowej, gdzie dla gruszek pozostałych odmian zaobserwowano płytszą deformację postaciową przy poziomie energii 0,2 J. Fakt ten można wytłumaczyć tym, że po przechowywaniu gruszki tracąc jędrność, w zasadzie tracą częściowo właściwości sprężyste i miąższ z głębszych warstw poniżej zakresu trwałego uszkodzenia pozwala odkształcać się sprężysto, bez uszkodzeń ścian komórkowych. Natomiast miąższ o wyższej jędrności w mniejszym stopniu odkształca się bez uszkodzeń ścian, stąd uszkodzenie trwałe są głębsze i powodują uszkodzenie ścian komórkowych w głębszych warstwach.

Tabela 5. Wielkości geometryczne obić gruszek po przechowywaniu przez 4 miesiące w chłodni dla trzech poziomów energii udaru

Table 5. Geometrical characteristics of bruising after cold storage of pears for 4 months, at three impact levels

Odmiana Variety	Energia udaru Impact energy (J)	Wielkości geometryczne obić / Geometrical characteristics of bruising					
		Objętość / Volume (mm ³)		Średnica / Diameter (mm)		Głębokość / Depth (mm)	
		Srednia Mean	Srednia Mean	Srednia Mean	Srednia Mean	Srednia Mean	Srednia Mean
Konferencja	0,05	112,18 a	260,49 a	7,46 ab	9,63 a	3,80 a	4,60 b
	0,1	160,82 a		9,21 cd		3,60 a	
	0,2	508,47 c		12,22 e		6,41 de	
Concorde	0,05	91,86 a	190,87 a	7,17 a	9,62 a	3,33 a	3,62 a
	0,1	168,27 a		9,57 d		3,49 a	
	0,2	312,47 b		12,12 e		4,04 ab	
Lukasówka	0,05	189,91 a	459,54 b	8,51 c	11,44 b	4,88 c	5,99 c
	0,1	419,88 bc		11,34 e		6,14 d	
	0,2	768,85 d		14,48 f		6,94 e	
Amfora	0,05	173,32 a	577,2861 b	8,32 bc	11,33 b	4,69 bc	7,22 d
	0,1	483,41 c		11,35 e		7,06 e	
	0,2	1075,13 e		14,32 f		9,90 f	

Dobrzański i Rybczyński (2008) stwierdzili, że w trakcie obić warstwa przy powierzchniowej miąższu podlega trwałemu odkształceniu i uszkodzeniu tkanki, a nie miąższ głębszej warstwy, do której jest wbijany penetrometr, wykorzystywany do oceny właściwości teksturalnych owoców, a przede wszystkim test jędrności Magness-Taylor, czyli test wbijania i niszczenia tkanki na głębokości 8 mm, który jest dominującą metodą stosowaną w ocenie jędrności. Jednakże znajomość samej jędrności nie dostarcza pełnej informacji o cechach strukturalnych oraz właściwościach mechanicznych przypowierzchniowej warstwy i odporności owoców na obicia, dlatego zastosowano test udarowy, którego celem było wywołanie trwałych uszkodzeń miąższu warstwy bezpośrednio pod skórą.

Do osiągnięcia tego celu należało również określić średnicę obicia, tak aby możliwe było wyznaczenie objętości obicia. Średnica obić u wszystkich gruszek badanych odmian była większa po okresie przechowywania (tab. 5) w stosunku do

notowanych średnic obić po zbiorze (tab. 4). Pomiar tej wielkości również potwierdza, że najistotniejszym czynnikiem warunkującym wielkość średnicy obicia był poziom dostarczonej energii udaru i różnice pomiędzy poziomami we wszystkich przypadkach były istotne statystycznie. Należy jednak zauważyć, że zarówno po zbiorze, jak i po przechowywaniu odmianami, których owoce ulegały uszkodzeniu na większej powierzchni, to 'Lukasówka' i 'Amfora', niezależnie od poziomu dostarczonej energii.

Analizując wielkość powstałych obić w testach udarowych i wyznaczoną ich objętość, można zaobserwować, że wielkość obić jest zawsze większa po okresie przechowywania (tab. 5) w stosunku do wartości wyznaczonych po zbiorze (tab. 4). Oczywistym faktem jest też, że im większa jest dostarczona energia podczas udaru, tym większe jest obicie (tab. 6), natomiast zaobserwowano, że podatność na obicia jest zróżnicowana u owoców poszczególnych odmian. Największe obicia powstają u gruszek odmiany 'Amfora' i przyjmują po zbiorze odpowiednio dla poziomów 0,05, 0,1 i 0,2 J wartości 63,11, 226,83 i 690,4 mm³ (tab. 4), a po okresie przechowywania 173,32, 483,41 i 1075,13 mm³ (tab. 5). Jest to największa wartość obicia wyznaczona w oparciu o test udarowy przy energii 0,2 J. Kolejną odmianą, której owoce podlegają znacznym uszkodzeniom jest odmiana 'Lukasówka', dla której wielkość obicia przy tym samym poziomie energii wynosi po zbiorze 622,36 mm³, a po przechowywaniu 768,85 mm³.

Tabela 6. Średnie wielkości geometryczne obić dla badanych poziomów energii udaru

Table 6. Mean geometrical values of bruising at all studied impact energy levels

Energia udaru Impact energy (J)	Wielkości geometryczne obić / Geometrical characteristics of bruising		
	Objętość / Volume (mm ³)	Średnica / Diameter (mm)	Głębokość / Depth (mm)
0,05	102,41 a	7,40 a	3,29 a
0,1	242,55 b	9,65 b	4,46 b
0,2	607,41 c	12,60 c	7,03 c

Natomiast, owoce odmiany 'Concorde' charakteryzowały się najmniejszą podatnością na obicia po zbiorze i odpowiednio dla poziomów 0,05; 0,1 i 0,2 J wartości 41,43; 117,25 i 464,25 mm³ (tab. 4), a po okresie przechowywania 91,86; 168,27 i 312,47 mm³ (tab. 5). Porównując wielkość obić pod wpływem energii udaru 0,2 J, po przechowywaniu zaobserwowano, że wyznaczona objętość obicia owoców odmiany 'Concorde' jest ponad trzykrotnie mniejsza niż objętość obić odmiany 'Amfora'. Należy więc stwierdzić, że 'Concorde' może być obiecującą odmianą, która powinna być uwzględniona w nasadzeniach najbliższych lat, ze względu na swoją małą podatność na obicia i odporność na uszkodzenia mechaniczne, a zarazem najwyższą zawartość ekstraktu i cukrów w miąższu.

Zaobserwowano również pewne zależności i ujemną korelację pomiędzy zawartością ekstraktu i wielkością obicia, co zgodne jest też z wynikami uzyskanymi dla jablek przez Baranowskiego i in. (2005). Ponieważ, wyznaczona objętość obić była

zależna od średnicy jak i od głębokości obicia, można się było spodziewać oczywistej wysokiej korelacji (tab. 7) pomiędzy tymi wielkościami ($R = 0,81$), a przede wszystkim między średnicą obicia i objętością obicia ($R = 0,92$), a także głębokością obicia i objętością obicia ($R = 0,91$) oraz jędrnością miąższu i wielkością obicia.

Tabela 7. Współczynniki korelacji R zależności pomiędzy wielkościami geometrycznymi
Table 7. Correlation coefficients R between geometrical parameters of bruising

Zmienne / Variables	Średnica / Diameter (mm)	Głębokość / Depth (mm)	Objętość / Volume (mm ³)
Średnica / Diameter (mm)	1,0	0,81*	0,92*
Głębokość / Depth (mm)	0,81*	1,0	0,91*
Objętość / Volume (mm ³)	0,92*	0,91*	1,0

*oznacza istotnie statystyczne zależności przy 95% poziomie istotności / statistically significant correlations at 95% level of significance

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono zróżnicowaną podatność na obicia owoców badanych odmian. Owoce odmiany 'Konferencja' i 'Concorde' wykazały znacznie mniejszą podatność na uszkodzenia w stosunku do owoców odmiany 'Lukasówka' i 'Amfora'.

2. Metoda udarowa pozwala na ocenę podatności gruszek na obicia i umożliwia porównanie odmian oraz ustalenie poziomu energii kinetycznej powodującej trwałą deformację postaciową powodującą uszkodzenie miąższu i brunatnienie tkanki.

3. Przechowywanie gruszek przez cztery miesiące w chłodni zwykłej w temperaturze 1.5°C i wilgotności około 90% nie wpłynęło istotnie na podatność owoców na obicia odmian 'Konferencja', 'Concorde' oraz 'Lukasówka' i jest potwierdzeniem możliwości przechowywania gruszek w tych warunkach.

4. Gruszki odmiany 'Amfora' po przechowywaniu charakteryzowały się znacznie wyższą podatnością na obicia i z tego względu odmiana ta nie nadaje się do produkcji towarowej.

5. Odmiana 'Concorde' może być obiecującą odmianą, która powinna być uwzględniona w nasadzeniach najbliższych lat, ze względu na swoją małą podatność na obicia i odporność na uszkodzenia mechaniczne, a zarazem najwyższą zawartość ekstraktu i cukrów w owocach.

PIŚMIENNICTWO

- Baranowski P., Lipecki J., Mazurek W., Walczak R.T., 2005. Detekcja uszkodzeń mechanicznych jabłek z wykorzystaniem termografii. *Acta Agroph.*, 6(1), 19-29.
Barreiro P., 1999. Detailed procedure for fruit damaging. *ASTEQ CA Newsletter*, 2, 3-5.

- Baryeh E.A., 2001. Physical properties of bambara groundnuts. *J. Food Eng.*, 47, 321-326, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00136-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00136-9)
- Blahovec J., 2001. Static mechanics and texture of fruits and vegetables. *Res. Agr. Eng.*, 47, 144-169.
- Brusewitz G.H., Bartsh J.A., 1989. Impact parameters related to post harvest bruising of apples. *Trans. ASAE*, 32, 953-957, <https://doi.org/10.13031/2013.31097>
- Chen P., Ruitz-Altisent M., 1996. A low-mass impact sensor for high-speed firmness sensing of fruits. Paper No. 96F-003. *AgEng'96. Int. Conference on Agricultural Engineering*. Madrid, Spain. September 23-26.
- Chen P., Ruitz-Altisent M., and Barreiro P., 1996. Effects of impacting mass on firmness sensing of fruits. *Transactions of the ASAE*, 39(3), 1019-1023, doi:10.13031/2013.27591 <https://doi.org/10.13031/2013.27591>
- Chen P., Sun Z., 1981. Impact parameters related to bruise injury in apples. *ASAE Paper No. 81-3041*. St. Joseph, MI, ASAE.
- Chen P., Tang S., Chen S., 1985. Instrument for testing the response of fruits to impact. *ASAE Paper No. 85-3537*. St. Joseph, MI, ASAE.
- Chen P., Yazdani R., 1991. Prediction of apple bruising due to impact on different surfaces. *Trans. ASAE*, 343, 956-961. <https://doi.org/10.13031/2013.31755>
- Chen S., Chen P., Herrmann L.R., 1984. Analysis of stresses in fruit during an impact. *ASAE Paper No. 84-3554*. St. Joseph, MI, ASAE.
- Dobrzański, jr. B., Rybczyński R., Puchalski C., 2003. Właściwości mechaniczne skórki oraz współczynnik tarcia jabłek odmiany Gala przechowywanych w różnych temperaturach. *Acta Agroph.*, 83, 59-69.
- Dobrzański B. jr., Rybczyński R., 2003. The measurement of colour of apple skin as a basic study of bruising. *New Methods, Means and Technologies for Application of Agricultural Products, Agric. Engin. LUA*, 1, 6, 134-139
- Dobrzański jr. B., 1997. Opracowanie agrofizycznych podstaw ograniczania strat i poprawy cech jakościowych owoców. Sprawozdanie Merytoryczne. PBZ-51-02. Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie, 394.
- Dobrzański jr. B., Rabcewicz J., Rybczyński R., 2006. Handling of apple. Centre of Excellence Agrophysics. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Lublin.
- Dobrzański jr. B., Rybczyński R., 2001a. Mechanical and optical properties of pears as parameters of stage maturity. *Acta Agroph.*, 45, 61-68.
- Dobrzański jr. B., Rybczyński R., 2001b. Physical description of the fruit colour in quality grading of apples and pears. *Physical Methods in Agriculture*, Eds: J. Blahovec and M. Libra, Czech Republic, 82-87.
- Dobrzański jr. B., Rybczyński R., 2002. Color change of apples as a result of storage, shelf-life and bruising. *Int. Agrophys.*, 15(1), 13-18.
- Dobrzański jr. B., Rybczyński R., 2008. Problemy pomiaru mechanicznych właściwości owoców w aspekcie oceny ich jędrności. W: Właściwości fizyczne i biochemiczne materiałów roślinnych (Red. B Dobrzański jr., A. Rutkowski, R. Rybczyński). Wyd. Nauk. FRNA, Komitet Agrofizyki PAN, Lublin.
- Dziedzic E., Błaszczak J., Bieniasz M., Ochał B., 2013. Istotność cech sensorycznych owoców kilku odmian gruszy dla konsumentów w wybranych rejonach. *Episteme* 19, 279-288.
- Garcia J. L., Ruiz-Altisent M., Barreiro P., 1995. Factors influencing mechanical properties and bruise susceptibility of apples and pears. *J. Agric. Engin. Res.*, 61, 11-18, <https://doi.org/10.1006/jaer.1995.1025>

- Gołacki K., Rowiński P., 2006. Dynamiczne metody pomiaru właściwości mechanicznych owoców i warzyw. *Acta Agroph.*, 8(1), 69-82.
- Holt J.E., Schoorl J., 1977. Bruising and energy dissipation in apples. *J. Texture Stud.*, 7, 421-432, <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1977.tb01149.x>
- Komarnicki P., Stopa R., 2013. Badania wrażliwości jabłek na stłuczenia przy obciążeniach o charakterze udarowym. *Inżynieria Rolnicza. Agricultural Engineering*, 3(146) T2, 131-143.
- Labavitch J.M., Greve L.C., Mitcham E., 1998. Fruit bruising: It is more than skin deep. *Perishables Handling Quarterly*, 95, 7-9.
- Lipa T., Szot I., 2013. Effect of fertilization methods on growth of pear trees, yielding and fruit quality. *Modern Phytomorphology*, 4, 55-58.
- Mohsenin N.N., 1970. *Physical properties of plant and animal materials*. Vol. 1. Gordon and Breach Sci. Publ., New York.
- Mohsenin N.N., 1986. *Physical properties of plant and animals materials*. 2nd Ed. Gordon and Breach Science Publisher, New York.
- Nadulski R., Wróblewska-Barwińska K., Strzałkowska K., 2012. Doświadczalna charakterystyka właściwości teksturalnych wybranych odmian gruszek. *Inżynieria Rolnicza Agricultural Engineering*, 3(138), 165-173.
- Omobuwajo T.O., Akande A.E., Sanni L.A., 1999. Selected physical, mechanical and aerodynamic properties African Breadfruit (*Treculia africana*) seeds, *J. Food Eng.*, 40, 241-244, [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00060-6)
- Sosna I., 2000. Wpływ dwóch klonów pigwy oraz dwóch sposobów prowadzenia drzew na wzrost i owocowanie kilku odmian gruszy. *Zesz. Nauk. ISiK.*, 8, 209-216.
- Sosna I., 2007. *Uprawa gruszy*. Plantpress, Kraków.
- Vaysse P., Reynier P., Roche L., Laviolle O., 2005. Sensory evaluation of new pear cultivars. *Acta Hort.*, 671, 341-347, doi:10.17660/ActaHortic.2005.671.48 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.671.48>
- Vercammen J., 2002. Influence of the plant and pruning system on the financial result of 'Conference'. *Acta Hort.*, 596, 615-620, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.106>
- WAPA, 2018. <http://www.wapa-association.org/asp/index.asp>
- Wawrzyńczak A., 2006. Przechowywanie gruszek w normalnej i kontrolowanej atmosferze. XI Ogólnopolskie Spotkanie Sadowników Grójec 24-25 stycznia, 74-80.

SUSCEPTIBILITY OF PEAR TO BRUISING AFTER HARVEST AND STORAGE

*Tomasz Lipa*¹, *Iwona Szot*¹, *Bohdan Dobrzański jr.*^{1,2}, *Magdalena Kaplan*¹, *Piotr Baryła*¹

¹Pomology and Nursery Department, University of Life Sciences Lublin
Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin, Poland

²Bohdan Dobrzański Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences
Doświadczalna 4, 20-290 Lublin, Poland
bdob@ipan.lublin.pl

Abstract. World production of pear occupies the second place after apple among pomes species of moderate climate. So far, production in Poland has been low, due to unfavourable climatic conditions, greater sensitivity of pear trees and flowers to frosts and frosts. Serious problems include storage, quick pear maturation, and high susceptibility to fruit bruising during handling. The attractiveness of pears is determined not only by their texture and colour, firmness, juicy flesh, but also by taste, aroma and nutritional value. The aim of the research was to determine and compare the susceptibility of the 'Conference' and 'Lukasówka' varieties, popular on our market, as well as the new varieties 'Concord' and 'Amfora', to fruit bruising. In the impact test applied in this study, a 25.68 g glass ball was dropped from a height of 20, 40 and 80 cm, obtaining energy of 0.5, 0.1 and 0.2 J. The impact method allows assessing the susceptibility of pears to bruises and allows the comparison of varieties. The fruits of the 'Conference' and 'Concorde' varieties showed less susceptibility to damage. 'Conference', 'Concorde' and 'Lukasówka' pears maintained well their condition after storing for four months in a cold store at 1.5°C and about 90% humidity. When comparing the amount of bruising under the influence of 0.2 J impact energy, after storage it was observed that the determined volume of bruising of 'Concorde' fruit (312.47 mm³) was more than three times smaller than the volume of 'Amfora' bruising (1075.13 mm³). 'Concorde' variety is a promising variety, due to its low susceptibility to bruising and resistance to mechanical damage, and also the highest content of extract and sugars in fruits.

Key words: pears, fruits, bruising, impact, storage