

WPŁYW CZASU I WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA JABŁEK NA ICH WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE

Rafał Nadulski

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Właściwości teksturalne obok smakowitości w dużym stopniu decydują o jakości konsumenckiej jabłek. Do oceny właściwości teksturalnych owoców ziarnkowych wielu badaczy stosuje tylko jeden parametr tj. jędrność oznaczaną metodą Magness-Taylora. W pracy porównano wyniki badań właściwości mechanicznych jabłek uzyskane w różnych testach wytrzymałościowych. Jabłka przechowywano w chłodni zwykłej oraz w chłodni ulo przez 6 miesięcy. Stwierdzono, że istnieje silna zależność pomiędzy właściwościami mechanicznymi jabłek a czasem i warunkami ich długotrwałego przechowywania.

Słowa kluczowe: właściwości mechaniczne, jabłka, przechowywanie, chłodnia zwykła, chłodnia ulo

Wykaz oznaczeń

F_p – siła potrzebna do przebiccia skórki [kN],

F_m – jędrność (siła penetracji miąższu na głębokość 8 mm) [kN],

F_l – twardość (siła w odpowiadająca 75% deformacji próbki) [kN],

F_r – siła odpowiadająca momentowi zerwania próbki [kN].

Wprowadzenie

Obecnie w Polsce stosowane coraz częściej nowoczesne techniki przechowywania tj. w warunkach kontrolowanej atmosfery pozwalają na uzyskanie owoców o wysokiej jakości. Jednak jak stwierdza Paull [1999] łańcuch od zbioru owoców, poprzez ich przechowywanie do dystrybucji jest daleki od ideału. Do oceny właściwości teksturalnych owoców stosowane są przede wszystkim testy empiryczne polegające między innymi na określeniu jędrności owoców metodą Magness-Taylora a także imitacyjne z wykorzystaniem testu TPA [Nadulski 2005; Rybczyński i Dobrzański 2002; Puchalski 2001; Abbott 1999; Plocharski i Konopacka 1999; Bourne 1982]. Znajomość jędrności umożliwia ocenę zdolności przechowalniczej owoców, ale nie dostarcza pełnych informacji o cechach teksturalnych owoców [Surmacka-Szcześniak 2002; Bourne 1984]. Ponadto badania prowadzone są według różnych metod pomiarowych z użyciem różnego typu aparatury badawczej, często prototypowej. Na przykład w badaniach wykorzystywane są penetrometry

o różnym kształcie elementu roboczego (półkula, czasza, walec, stożek) a próbki obciążane są z różnymi prędkościami. Właściwości teksturalne i związki między wielkościami charakteryzującymi teksturę jabłek są nadal w niewystarczającym stopniu poznane [Nadulski 2005; Rybczyński i Dobrzański 2002; Surmacka-Szcześniak 2002; DeLong i in. 2000; Abbott 1999]. Jakość handlową jabłek i gruszek ustalają standardy zawarte w rozporządzeniu Komisji Unii Europejskiej (WE nr 1619/2001 z dnia 6.08.2001 wraz ze zmianami wprowadzonymi rozporządzeniem Komisji (WE) nr 46/2003). Standard zwraca uwagę przede wszystkim na wielkość, barwę i ordzawienia natomiast, brak jest informacji dotyczących właściwości teksturalnych owoców. Jak wykazują badania Hoehn [2003] i Stow [1995] dotyczące preferencji konsumentów czynnikami decydującymi o jakości jabłek są smakowość, jędrność i soczystość, natomiast jako mało istotne wskazywane są wielkość i kształt owoców.

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów właściwości mechanicznych jabłek przy pomocy różnych testów takich jak przebijania skórki, penetrometryczny miąższu, ściskania i rozciągania próbek miąższu oraz określenie zakresu zmian wybranych cech owoców podczas długotrwałego przechowywania w chłodni zwykłej i z kontrolowaną atmosferą (ulo).

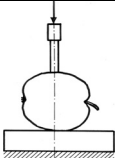

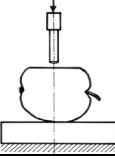
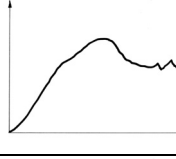
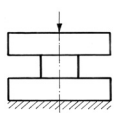

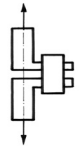
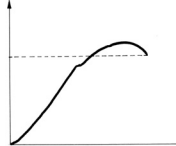
Metody badań

W badaniach wykorzystano uprawiane w kraju odmiany jabłek ze zbiorów z lat 2003-2005 tj. Golden Delicious, Jonagold Decosta, i Šampion. Jabłka pochodziły ze specjalistycznego gospodarstwa sadowniczego z miejscowości Góry k. Markuszowa. Przed zbiorom dojrzałość owoców określano na podstawie testu skrobiowego. Jabłka przechowywano w chłodni zwykłej i w chłodni z kontrolowaną atmosferą (ulo) przez sześć miesięcy. W chłodni zwykłej utrzymywano temperaturę 1,7-2,5°C i wilgotność na poziomie 86-92%, natomiast w komorze z atmosferą ulo temperatura wynosiła 1,6-2,2°C, zawartość tlenu 1,6% i dwutlenku węgla 2,2%. Owoce po wyjęciu z chłodni przetrzymywano w pomieszczeniu laboratoryjnym do osiągnięcia temperatury otoczenia wynoszącej ok. 20°C. Badania właściwości mechanicznych prowadzono przy wykorzystaniu standardowej aparatury wytrzymałościowej Instron 4302 wyposażonej w głowicę pomiarową o zakresie pracy do 1,0 kN. Do przygotowania próbek i realizacji określonych testów wytrzymałościowych niezbędne było zastosowanie przyrządów pomocniczych [Nadulski 2005]. Badania właściwości mechanicznych owoców prowadzono przy pomocy testów przebijania skórki i penetrometrycznego miąższu, ściskania oraz rozciągania próbek wycinanych z miąższu owoców (tab. 1).

W teście przebijania skórki stosowano penetrometr o średnicy 11 mm z końcówką walcową. Test przebijania skórki prowadzono na owocach z miąższem. Jabłko umieszczano osią równoległą do podstawy urządzenia na stoliku stanowiącym dolny punkt podparcia. Z otrzymanej zależności siła-przemieszczenie wyznaczano wartość siły F_p potrzebnej do przebicia skórki owocu (tab. 1).

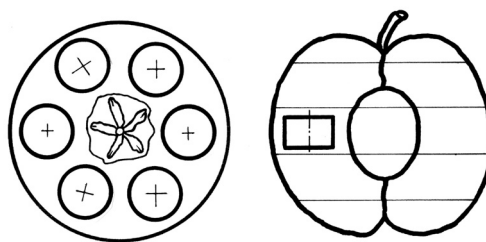
W przypadku testu penetrometrycznego miąższu skórkę usuwano nożem ścinając warstwę ok. 5 mm i obciążano owoc penetrometrem o średnicy 11 mm z końcówką sferyczną (Magness-Taylor). Owoc umieszczano na dolnym stoliku maszyny wytrzymałościowej Instron 4302 osią owocu równoległą do podstawy aparatu (tab. 1). Wykonany pomiar pozwalał na wyznaczenie siły F_m potrzebnej do zagłębienia penetrometru na głębokość 8 mm.

Tabela 1. Charakterystyka stosowanych w badaniach testów
Table 1. Characteristics of tests used in the research

| Lp. | Rodzaj testu | Schemat | Wykres zależności siła-przemieszczenie | Mierzona wielkość |
|-----|--------------------------|---|--|-------------------|
| 1 | Przebijanie skórki |  |  | siła F_p |
| 2 | Penetrometryczny miąższu |  |  | siła F_m |
| 3 | Ściskanie miąższu |  |  | siła F_f |
| 4 | Rozciąganie miąższu |  |  | siła F_r |

Do testu ściskania przygotowano z miąższu owoców próbki walcowe o wymiarach: średnica 15 mm i wysokości 10 mm (rys. 2). Pojedyncze próbki cylindryczne umieszczano na dolnym stoliku aparatu Instron osią prostopadle do podstawy a następnie obciążano (tab. 1).

Wyznaczano wartość siły F_f przy deformacji wynoszącej 75% wysokości próbki. Wielkość tą za Bournem [1982] określano jako twardość.



Rys. 2. Miejsce pobierania próbek do badań
Fig. 2. Place for taking samples for tests

Do badań w teście rozciągania próbki przygotowywano w postaci pierścieni o wymiarach: wysokość 10 mm, średnica zewnętrzna 17 mm i wewnętrzna 11 mm (rys. 2). Do rozciągania próbek wykonano specjalne uchwyty mocowane w aparacie Instron, na które zakładano próbki w kształcie pierścieni (tab. 1). Próbki wstępnie obciążano siłą 1 N, po czym zrywano. Z zależności siła-przemieszczenie wyznaczano wartość siły F_r niezbędnej do rozerwania próbki. We wszystkich testach próbki obciążano ze stałą prędkością wynoszącą $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

W badaniach wykorzystano oprogramowanie firmy Instron serii IX, konwersję danych pomiarowych prowadzono przy użyciu programu Excel, natomiast statystyczną analizę wyników wykonano stosując program Statistica 6 firmy StatSoft. Równania regresji wyznaczono wykorzystując estymację nieliniową – metodę quasi-Newtona.

Wyniki badań i ich analiza

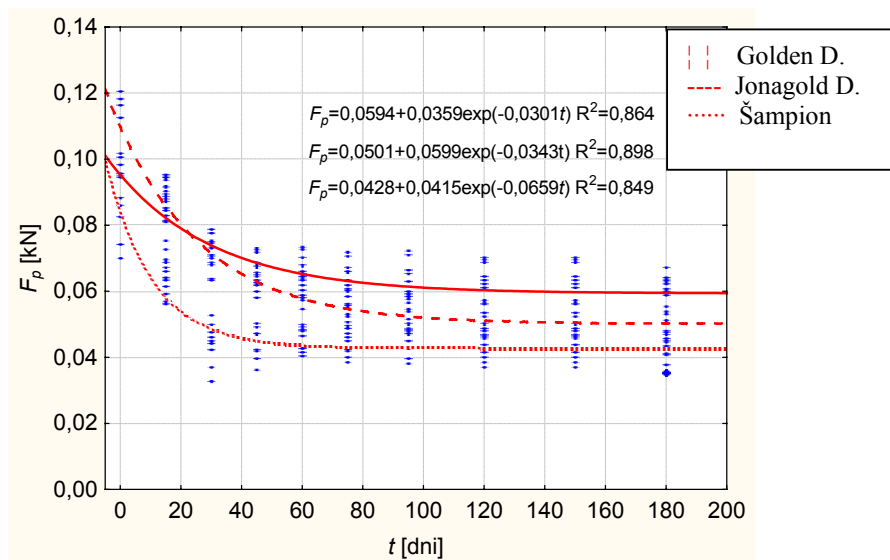
Wyniki badań eksperymentalnych pozwoliły na wyznaczenia zmian właściwości mechanicznych badanych owoców podczas ich przechowywania. W przypadku owoców przechowywanych w chłodni zwykłej zależność zmian analizowanych wielkości od czasu przechowywania przedstawiono w postaci równań wykładniczych trzelementowych.

We wszystkich przypadkach (test przebijania skórki, penetrometryczny, ściskania i rozciągania) z upływem czasu obserwowano spadek wyznaczonych wartości sił (F_p , F_m , F_I i F_r), przy czym największe zmiany zachodziły w początkowej okresie przechowywania owoców tj. w ciągu 5-8 tygodni (rys. 3-6). Spośród badanych odmian jabłek najwyższą odpornością na działanie obciążeń charakteryzowała się odmiana Golden Delicious, natomiast najniższą w każdym przypadku odmiana Šampion. W końcowej fazie przechowywania owoców tj. po upływie 180 dni siła F_p potrzebna do przebicia skórki jabłek odmiany Šampion jest niższa o 34% a dla odmiany Jonagold Decosta o ok. 16% od siły potrzebnej do przebicia skórki jabłek odmiany Golden Delicious (rys. 2).

W przypadku jędrności miąższu F_m podczas przechowywania owoców nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między odmianami Golden Delicious i Jonagold Decosta. Natomiast w całym okresie przechowywania odmiana Šampion wykazywała blisko 70% niższą jędrność w stosunku do pozostałych odmian (rys. 4). W końcowej fazie przechowywania w chłodni zwykłej jabłka badanych odmian nie spełniały kryteriów jakościowych ze względu na jędrność F_m podanych przez Płocharskiego i Konopacką [1999] oraz Herregodsa [1994].

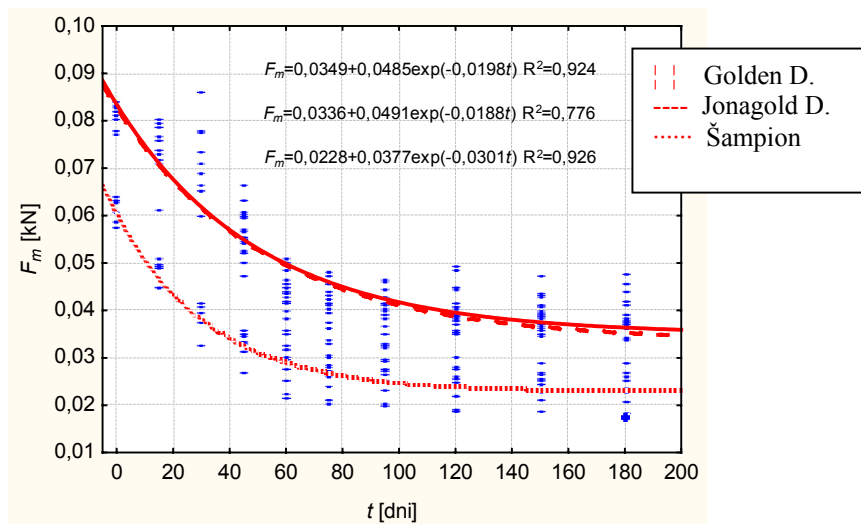
Inny przebieg zmian zaobserwowano przy stosowania testu ściskania owoców. W tym przypadku w wartości siły F_I (twardości) tylko w środkowej fazie tj. obejmującej okres od 9 do 15 tygodnia przechowywania owoców zarejestrowano istotne statystycznie różnice między badanymi odmianami (rys. 5).

Analiza wykresu (rys. 6) wskazuje, że największy zakres zmian w czasie przechowywania w zakresie wyznaczonych wielkości wystąpił w przypadku testu rozciągania dla odmian Jonagold Decosta i Golden Delicious. Wartości końcowe sił F_r dla tych odmian są kilka razy mniejsze niż początkowe.



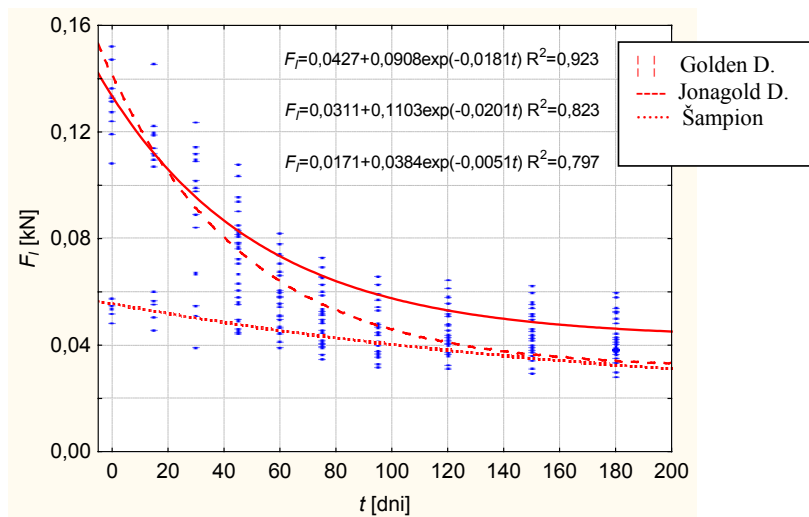
Rys. 3. Wpływ czasu przechowywania na zmianę siły F_p potrzebnej do przebicia skórki jabłek przechowywanych w chłodni zwykłej

Fig. 3. The effect of storage time on change of force F_p necessary to puncture peel of apples stored in ordinary cold store



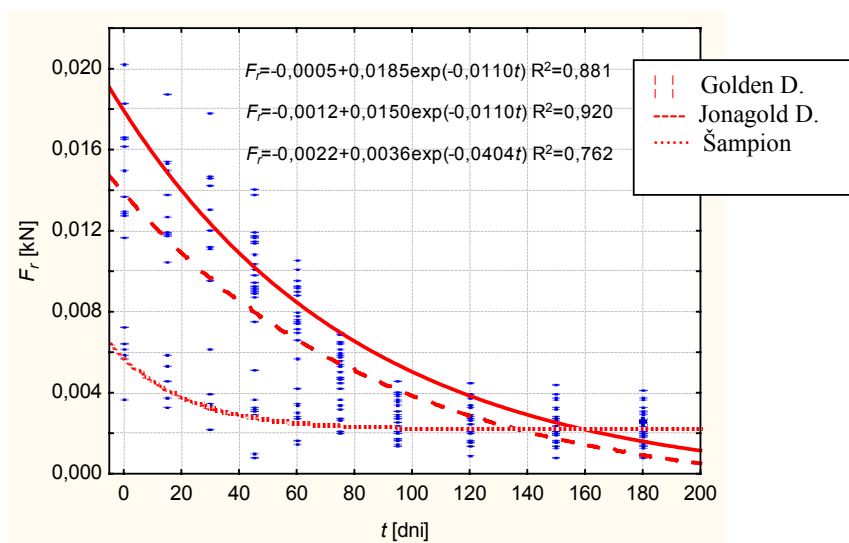
Rys. 4. Wpływ czasu przechowywania na zmianę jędnosci F_m tkanki miąższu jabłek przechowywanych w chłodni zwykłej

Fig. 4. The effect of storage time on change in firmness F_m of pulp tissue in apples stored in ordinary cold store



Rys. 5. Wpływ czasu przechowywania na zmianę twardości F_I tkanki miąższu jabłek (Golden D., Jonagold D., Šampion) przechowywanych w chłodni zwykłej

Fig. 5. The effect of storage time on change in hardness F_I of pulp tissue in apples (Golden D., Jonagold D., Šampion) stored in ordinary cold store



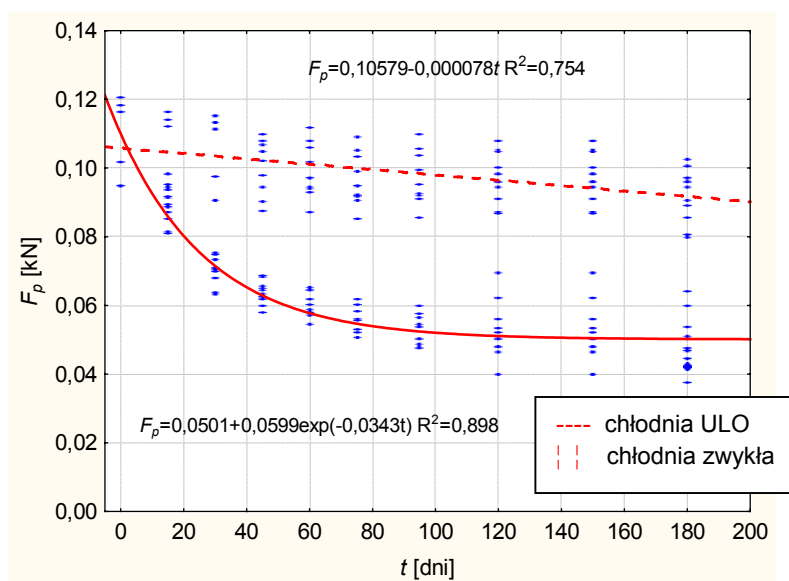
Rys. 6. Wpływ czasu przechowywania na zmianę siły rozrywającej F_r tkankę miąższu jabłek przechowywanych w chłodni zwykłej

Fig. 6. The effect of storage time on change of force F_r tearing pulp tissue in apples stored in ordinary cold store

Z analizy otrzymanych wyników badań jednoznacznie wynika, że zakres zmian i ich dynamika zależą przede wszystkim od cech odmianowych owoców.

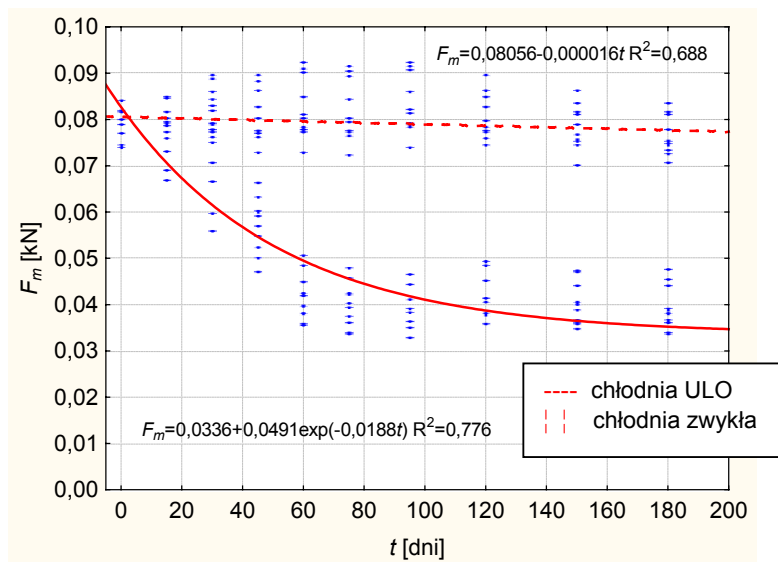
Na kolejnych wykresach porównano zmiany badanych wielkości na przykładzie jabłek odmiany Jonagold Decosta przechowywanych w chłodni zwykłej i w chłodni ULO (rys. 7-10). W przypadku owoców z chłodni uło zależności pomiędzy analizowanymi wielkościami a czasem przedstawiono w postaci równań liniowych. Dla pozostałych odmian jabłek (Jonagold Decosta i Šampion) zmiany te opisano przy pomocy równań liniowych lub wielomianów stopnia drugiego. Z analizy wykresów (rys. 7-10) wynika, że w przypadku jabłek odmiany Jonagold Decosta przechowywanych w chłodni zwykłej i uło obserwuje się istotne statystycznie zmiany wszystkich badanych właściwości mechanicznych. W przypadku tej odmiany pod koniec okresu przechowywania w chłodni uło siła F_p jest mniejsza o 15,7%, jędrność miąższu F_m obniża się o 6,2%, twardość F_I o 29,1% a siła rozrywająca F_r o 20,2%. W przypadku odmiany Jonagold Decosta a także Golden Delicious przechowywanych w chłodni uło jędrność po 180 dniach przekraczała przyjętą przez De Long'a wartość 62,3 N, co pozwala zaliczyć je do odmian twardych o wysokiej wartości rynkowej.

Znacznie większy zakres zmian badanych wielkości występuje dla owoców z chłodni zwykłej. Pod koniec przechowywania siła F_p obniża się o 52,6% w stosunku do wartości początkowej, siła F_m o 55,8%, siła F_I o 73,4% a siła F_r stanowi tylko 18,6% wartości początkowej. Przeprowadzone badania wyraźnie wskazują, że stosowanie jednego testu do oceny stanu owoców jest niewystarczające, gdyż nie pozwala na pełny opis zmian właściwości mechanicznych podczas ich długotrwałego przechowywania.



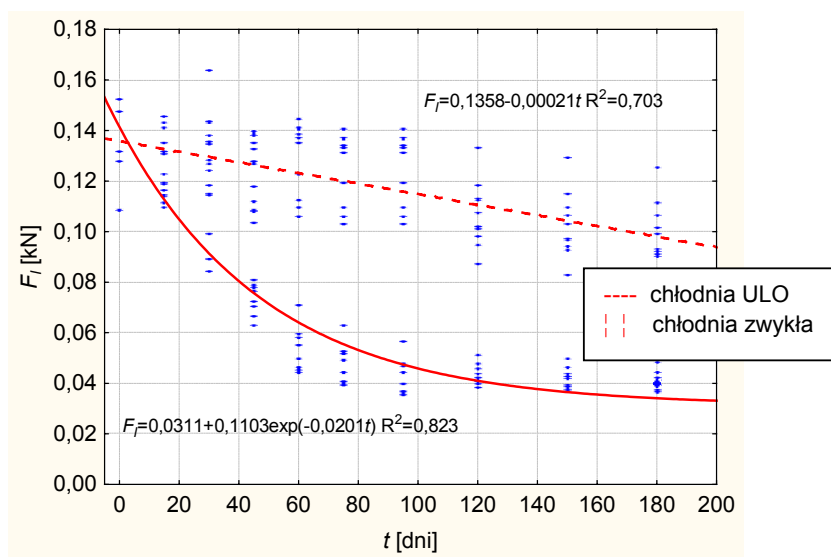
Rys. 7. Wpływ czasu przechowywania na zmianę siły F_p przebijającej skórę jabłek odmiany Jonagold Decosta przechowywanych w chłodni zwykłej i w ULO

Fig. 7. The effect of storage time on change of force F_p puncturing peel of Jonagold Decosta variety apples stored in ordinary cold store and in ULO



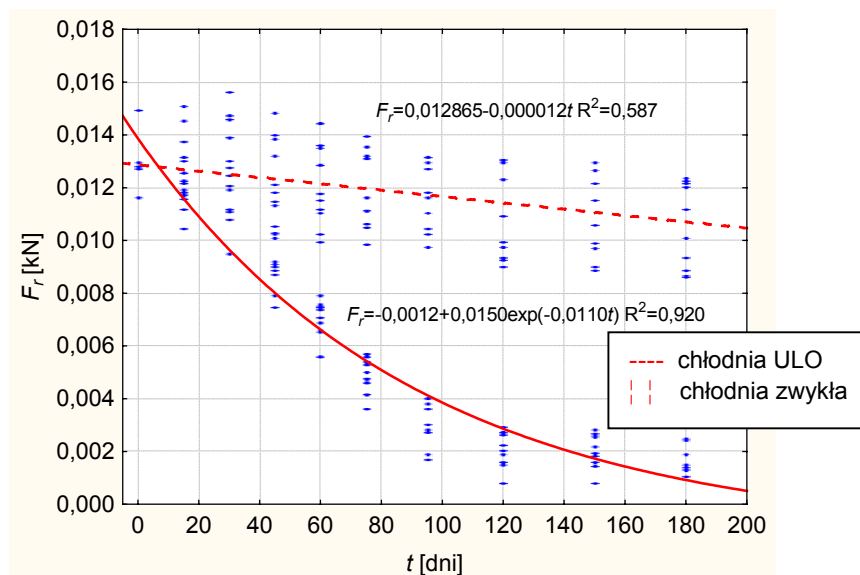
Rys. 8. Wpływ czasu przechowywania na zmianę jędrności F_m tkanki miąższu jabłek odmiany Jonagold Decosta przechowywanych w chłodni zwykłej i w ULO

Fig. 8. The effect of storage time on change in firmness F_m of pulp tissue in Jonagold Decosta variety apples stored in ordinary cold store and in ULO



Rys. 9. Wpływ czasu przechowywania na zmianę twardości F_t tkanki miąższu jabłek odmiany Jonagold Decosta przechowywanych w chłodni zwykłej i w ULO

Fig. 9. The effect of storage time on change in hardness F_t of pulp tissue in Jonagold Decosta variety apples stored in ordinary cold store and in ULO



Rys. 10. Wpływ czasu przechowywania na zmianę siły F_r rozrywającej próbkę tkanki miąższu jabłek odmiany Jonagold Decosta przechowywanych w chłodni zwykłej i w ULO

Fig. 10. The effect of storage time on change of force F_r tearing sample of pulp tissue from Jonagold Decosta variety apples stored in ordinary cold store and in ULO

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Opis właściwości mechanicznych jabłek przy pomocy jednej wielkości, jaką jest jędrność F_m wyznaczana metodą Magness-Taylora jest niewystarczający. Pełny opis stanu owoców podczas długotrwałego przechowywania możliwy jest przy wykorzystaniu wielkości uzyskanych w różnych testach wytrzymałościowych.
2. Istnieje silna zależność pomiędzy analizowanymi właściwościami mechanicznymi jabłek a czasem i warunkami ich długotrwałego przechowywania. Zmiany analizowanych właściwości mechanicznych, przy uwzględnieniu stosowanych testów, dla owoców przechowywanych w chłodni uło nieprzekraczają 30%, natomiast dla owoców z chłodni zwykłej są znacznie większe i wynoszą nawet 80% w przypadku testu zrywania.
3. Zmiany analizowanych wielkości w zależności od czasu przechowywania opisano dla owoców przechowywanych w chłodni zwykłej przy pomocy równań wykładniczych trzelementowych, natomiast dla owoców z chłodni ULO – liniowych lub wielomianami drugiego stopnia.

Bibliografia

- Abbott J.A.** 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15. s. 207-225.
- Bourne M.C.** 1982. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press. New York.
- DeLong J.M., Prange R.F., Harrison P.A., McRae K.B.** 2000: Comparison of a new penetrometer with three standard instruments. *Postharvest Biol. Technol.* 19(3). s. 201-209.
- Herregods M.** 1994. Jak ograniczyć straty podczas przechowywania. *Mat. konf. „Nowe technologie i techniki przechowywania owoców”*. Skierniewice. s. 1-7.
- Hoehn E., Gasser F., Guggenbühl, Künsch U.** 2003. Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biol. Technol.* 27. s. 27-37.
- Nadulski R.** 2005. Metodyczne aspekty badań właściwości mechanicznych tekstury jabłek. *Rozprawy Naukowe. Wydawnictwa Naukowe AR. z. 297.*
- Paul R. E.** 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biol. Technol.* 15. s. 263-277.
- Plocharski W. J., Konopacka D.** 1999. The relation between mechanical and sensory parameters of apples. *Acta Horticult.* 485, 309-318.
- Puchalski Cz.** 2001. Metodyczne aspekty badania tarcia i jędrności jabłek pod kątem oceny ich jakości. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie.* 275. s. 130.
- Stow J.** 1995. Quality measurements of apples. *Postharvest News and Infor.* 6, 32N-33N.
- Surmacka-Szczesniak A.** 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference.* 13. s. 215-225.

THE EFFECT OF STORAGE TIME AND CONDITIONS ON SELECTED MECHANICAL PROPERTIES OF APPLES

Abstract. Besides tastiness, textural properties largely decide about consumption quality of apples. Only one parameter is used by many researchers to assess textural properties of stone fruit, that is firmness determined using the Magness-Taylor method. The paper compares research results for mechanical properties of apples, obtained during various strength tests. Apples were stored in an ordinary cold store and in the ULO cold store for 6 months. The research allowed to observe strong relationship between mechanical properties of apples and their prolonged storage time and conditions.

Key words: mechanical properties, apples, storage, ordinary cold store, ULO cold store

Adres do korespondencji:

Rafał Nadulski
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin

