

ZALEŻNOŚĆ MODUŁU SPRĘŻYSTOŚCI OD ZMIENIAJĄCEJ SIĘ
ZAWARTOŚCI SUCHEJ MASY BULW ZIEMNIAKA
W WYNIKU ICH PRZECHOWYWANIA

Barbara Krzysztofik¹, Janusz Kolowca²

¹Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza,

²Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: krzysztofik@ar.krakow.pl

Streszczenie. Przeprowadzono badania zmian masy i zawartości suchej masy oraz modułu sprężystości bulw dwóch frakcji ziemniaka odmiany Salto. Stwierdzono istotne różnice w utracie masy bulw wynikającej z ich oddychania i parowania oraz w zawartości suchej masy dla badanych frakcji w wyniku przechowywania. Stwierdzono również, że moduł sprężystości bulw był różny dla frakcji oraz terminu badań (wyższa wartość przy krótszym okresie przechowywania).

Słowa kluczowe: sucha masa, moduł sprężystości

WSTĘP

Ziemniaki należą do surowców pochodzenia rolniczego, które z konieczności podlegają procesowi długotrwałego przechowywania umożliwiając w ten sposób racjonalne ich wykorzystanie [6]. Nawet najlepiej dobrane warunki przechowalnicze nie są w stanie zapobiec stratom spowodowanym przez oddychanie, parowanie a w późniejszym okresie również przez kiełkowanie bulw. Równocześnie z występowaniem procesów biologicznych zachodzą zmiany chemiczne w bulwach. Część skrobi zostaje zamieniona w cukry a wraz z ubytkiem wody zwiększa się zawartość suchej masy bulw. Podczas przechowywania zmienia się turgor komórki a zatem, następuje zmiana właściwości mechanicznych takich jak sprężystość bulwy. Zmiana cech biologicznych, chemicznych i mechanicznych wpływa na przydatność bulw do obróbki mechanicznej oraz przydatność do różnych celów. Budowa anatomiczna bulwy, wielkość komórek, grubość ścian komórkowych, skład chemiczny decydują o elastyczności bulwy (wartości odbicia, wytrzymałości perydermy na przebicie, czas tłumienia a w konsekwencji na powstawanie zmian wewnątrz bulwy [7].

Ze względów technologicznych uważa się, że jeśli ubytki wynoszą poniżej 10% masy bulw to nie obniża się jakość bulw a ich turgor nie wpływa na łatwość obierania bulw przeznaczonych do przerobu.

Wraz ze zmianą turgoru wzrasta również podatność bulw na ciemną plamistość poudzerzeniową. Tempo występowania tych zmian zależy od warunków przechowywania, okresu, cech odmianowych zaś w ramach odmiany zależy od frakcji. W celu ograniczenia ubytków wynikających z kiełkowania oraz ograniczenia spadku turgoru można bulwy przechowywać w temperaturach niższych tj. ok. 4°C, z zastosowaniem następnie zabiegu rekondycjonowania [1]. Bulwy małe, jako mniej wykształcone mają na ogół w ramach danej odmiany komórki rozmiarowo mniejsze niż bulwy duże [3]. Według Sobola [5] bulwy rozmiarowo mniejsze przechowywane w jednej warstwie i w pewnym oddaleniu od siebie, podczas przechowywania tracą więcej masy oraz objętości w porównaniu z bulwami większymi. Celem przeprowadzonych badań było określenie wartości modułu sprężystości bulw przechowywanych w masie oraz zmian masy i zawartości suchej masy w bulwach w badanym okresie.

MATERIAŁ I METODY

Zaprezentowane badania dotyczyły bulw ziemniaka odmiany Salto, które przechowywano przez okres 6 miesięcy w przechowalni z kontrolowaną atmosferą w temperaturze 4°C i przy wilgotności 85-90%. Do badań modułu sprężystości pobrano bulwy dwóch frakcji wymiarowych tj. 40-50 mm i 50-60 mm w liczbie 30 sztuk dla każdej frakcji, dla trzech kolejnych terminów badań – listopad, grudzień, styczeń. Z sześciomiesięcznego okresu wyeliminowano okres kondycjonowania bulw oraz okres, w którym bulwy rozpoczynają proces kiełkowania. Równocześnie w tym samym czasie określano ubytki masy oraz zmiany zawartości suchej masy bulw. Bulwy przeznaczone do oceny zawartości suchej masy przechowywano w masie w tej samej próbce co do badań wytrzymałościowych. Badanie składu chemicznego wykonano w oparciu o obowiązującą metodykę IHAR-u [4].

Badanie modułu sprężystości wykonano na próbkach walcowych o wymiarach ok. $\phi 14,7 \times 10$ mm, wykrawanych z miąższu poprzecznie w stosunku do długości bulwy, z głębokości przekraczającej 5,1 mm, co odpowiada zakresowi uszkodzeń ciężkich. Badania wytrzymałościowe wykonano na maszynie, której opis i zasadę działania przedstawiono m.in. w pracy Kolowca i Krzysztofik [2].

Tak przygotowane próbki obciążano i rejestrowano wielkość odkształcenia z dokładnością do 0,01 mm, aż do osiągnięcia stałej prędkości pełzania. Wielkość obciążenia była stała i wynosiła 0,34 MPa, została ona dobrana na podstawie szeregu prób jako ta, która pozwala uzyskać możliwie duży udział odkształceń nawrotu do odkształceń pełzania.

WYNIKI BADAŃ

Podczas przechowywania ziemniaków wykonane trzykrotnie badania ubytków masy spowodowane oddychaniem i parowaniem wykazały, że od października do listopada wynosiły 2,17% (tab. 1). Wyższe ubytki wystąpiły po kolejnym miesiącu przechowywania (grudniu) i wynosiły ponad 2,73%. Po trzech miesiącach właściwego przechowywania tj. w miesiącu styczniu ubytki masy wynosiły aż 5,26%. Występujące różnice pomiędzy ubytkami w kolejnych miesiącach były wysoce istotne co potwierdziła analiza wariancji oraz test Duncana. Ubytki masy były w ponad 87,2% zdeterminowane czasem przechowywania ziemniaków.

Tabela 1. Średnie straty masy bulw różnej wielkości i w różnym okresie przechowywania (%)
Table 1. Average values of dry mass loss, tuber crop structure and influence of storage (%)

Czynniki Factors tested	Wartość średnia strat masy Average value of dry mass loss	Różnica Difference	Wyniki testu Duncana Results of Duncan test		
			1	2	3
Okres przechowywania Storage period	Listopad November	2,17	–	–	–
	Grudzień December	2,73	Istotna Significant	*	–
	Styczeń January	5,26		*	*
Fracje bulw Tuber crop structure (mm)	40-50	3,51	Istotna Significant		
	50-60	3,26			*

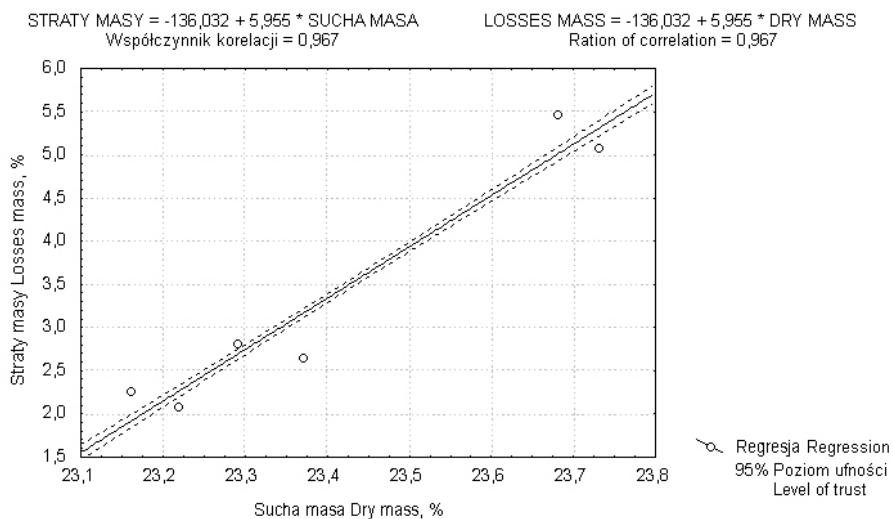
Odwrótnie do ubytków masy bulw zmieniała się zawartość suchej masy (tab. 2). W bulwach po miesięcznym okresie przechowywania od października do listopada zawartość suchej masy wzrosła z 22,57% do 23,19%. Równie wysoki wzrost wystąpił pomiędzy grudniem i styczniem i wynosił 0,37% (z 23,33 do 23,70%). Okres przechowywania aż w 91,5% determinował zmianę zawartości suchej masy, a występujące różnice pomiędzy kolejnymi miesiącami były wysoce istotne.

Pomiędzy zawartością suchej masy a ubytkami masy wystąpiła istotna korelacja dodatnia (rys. 1). Występujący współczynnik determinacji pomiędzy tymi wielkościami był na poziomie $R^2 = 93,6\%$.

Tabela 2. Średnia zawartość suchej masy w bulwach różnej wielkości i w różnym okresie przechowywania (%)

Table 2. Average values dry mass content, tuber crop structure and influence of storage (%)

Czynniki Factors tested	Wartość średnia suchej masy Average value of dry mass loss	Różnica Difference	Wyniki testu Duncana Results of Duncan test		
			1	2	3
Okres przechowywania Storage period	Październik October	22,57			
	Listopad November	23,19	Istotna significant	–	–
	Grudzień December	23,33		*	–
	Styczeń January	23,70		*	*
Frakcje bulw Tuber crop structure (mm)	40-50	23,37	Istotna significant		
	50-60	23,44			–



Rys. 1. Zależność suchej masy od strat masy podczas okresu przechowywania bulw ziemniaka
Fig. 1. Relationship between dry mass and mass losses during potato tubers storage

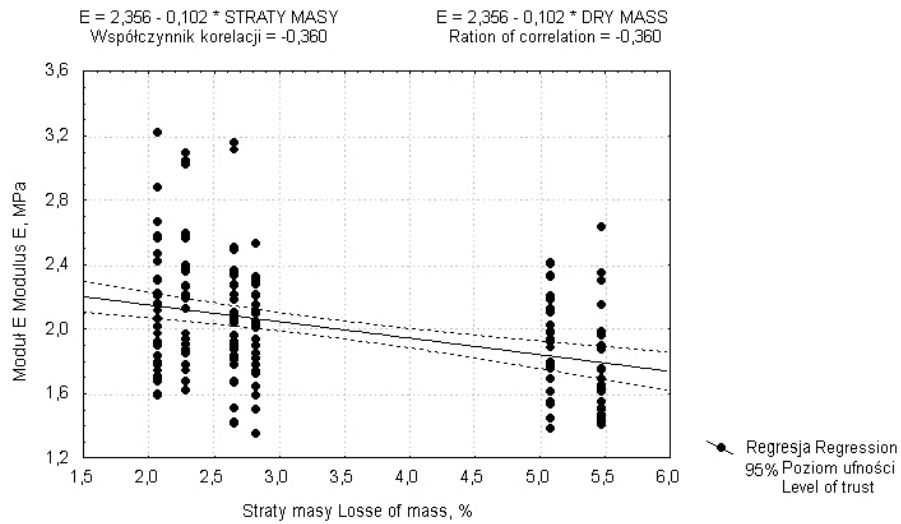
Tabela 3. Średnie wartości modułu sprężystości dla bulw różnej wielkości i różnego okresu ich przechowywania E (MPa)**Table 3.** Average values of modulus E (MPa) for different tuber crop structure and storage periods

Czynniki Factors tested	Wartość średnia modułu sprężystości Average value of modulus E	Różnica Difference	Wyniki testu Duncana Results of Duncan test		
			1	2	3
Okres przechowywania Storage period	Listopad November	4,31	–	–	–
	Grudzień December	4,07	Istotna significant	*	–
	Styczeń January	3,68		*	*
Frakcje bulw Tuber crop structure (mm)	40-50	4,09	Istotna significant		*
	50-60	3,94			

Pomiar modułu sprężystości E wykazał, że wraz z wydłużaniem okresu przechowywania bulw ich sprężystość maleje (tab. 3). W pierwszym miesiącu pomiarowym moduł sprężystości wynosił 4,31 MPa, zaś w kolejnych o 0,24 i 0,53 MPa mniej. Różnice w wartościach modułu sprężystości były istotne pomiędzy kolejnymi okresami pomiarowymi co potwierdziła analiza wariancji i test Duncana. Okres przechowywania w 12,6% determinował zmianę modułu sprężystości bulw.

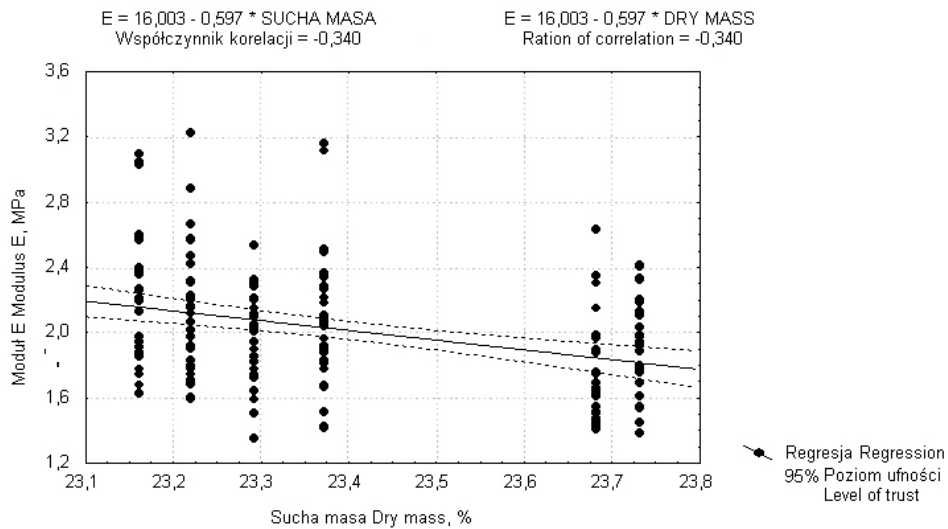
Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono jak kształtuje się wartość modułu sprężystości od ubytków masy oraz od wzrostu zawartości suchej masy. Spadek masy bulw a zatem wzrost zawartości suchej masy powoduje obniżenie modułu sprężystości. Obliczone współczynniki determinacji są jednak na niskim poziomie ($R^2 = 13,0\%$ dla strat masy i $R^2 = 11,6\%$ dla suchej masy).

Wpływ frakcji na badane cechy wykazał, że bulwy rozmiarowo mniejsze (przedział 40-50 mm), posiadały mniej suchej masy i w okresie przechowywania traciły procentowo więcej masy a średni moduł sprężystości był niższy w porównaniu z bulwami dużymi (50-60 mm). Występująca różnica pomiędzy bulwami mniejszymi a większymi wynosiła dla ubytków masy 6,27%, dla suchej masy 0,07%, dla modułu sprężystości 0,07 MPa.



Rys. 2. Zależność modułu sprężystości od strat masy bulw

Fig. 2. Relationship between modulus E and tuber mass losses



Rys. 3. Zależność modułu sprężystości od zawartości suchej masy

Fig. 3. Relationship between modulus E and dry mass content

WNIOSKI

1. Okres przechowywania bulw w stopniu istotnym wpływał na straty masy oraz zawartość suchej masy w bulwach. Wraz z upływem okresu przechowywania ubytki masy oraz zawartość suchej masy wzrastały.
2. Wraz z przedłużaniem się okresu przechowywania moduł sprężystości obniżał się, co było wynikiem spadku masy i wzrostu suchej masy bulw.
3. Bulwy rozmiarowo mniejsze w porównaniu z bulwami o większych rozmiarach posiadały mniej suchej masy lecz podczas przechowywania miały wyższy ubytek masy i charakteryzowały się wyższą średnią wartością modułu sprężystości.

PIŚMIENNICTWO

1. **Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.:** Wpływ zabiegu rekondycjonowania na jakość bulw przeznaczonych do przetwórstwa. Konferencja Naukowa nt. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. IHAR, Jadwisin, 1999.
2. **Kolowca J., Krzysztofik B.:** Właściwości reologiczne miąższu bulw ziemniaka różnej wielkości. Acta Agrophysica nr 87, 2003.
3. **Krzysztofik B.:** Wpływ wybranych czynników na budowę anatomiczną i odporność bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. Inżynieria Rolnicza 7(27), 2001.
4. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Instrukcja IHAR, Jadwisin, 1999.
5. **Sobol Z.:** Wpływ wybranych czynników na cechy fizyczne bulw ziemniaka. Inżynieria Rolnicza, nr 6 (39), Warszawa, 2002.
6. **Sowa-Niedziałkowska G.:** Wpływ naturalnych sposobów ograniczających intensywność przemian ilościowych w bulwach ziemniaka w czasie przechowywania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 489, Warszawa, 2002.
7. **Zgórska K.:** Biologiczne i ekologiczne czynniki warunkujące podatność bulw ziemniaka na powstawanie ciemnej plamistości pouszkodzeniowej. Rozprawa hab., Bonin, 1989.

INFLUENCE OF STORAGE ON ELASTICITY MODULUS AND DRY MASS
IN POTATO TUBERS

Barbara Krzysztofik¹, Janusz Kolowca²

¹Agricultural and Food Technology Section, University of Agriculture,

²Basic Machine Construction Section, University of Agriculture

ul. Balicka 104, 30-149 Kraków

e-mail: krzysztofik@ar.krakow.pl

Abstract. The paper presents a study on changes in mass and dry mass content as well as modulus of elasticity in the tubers of two fractions of potato tubers cv. Salto. Significant differences were found in mass loss of tubers, resulting from their respiration and evaporation, and in content of

dry mass for the studied fractions relative to the time of storage. The modulus of elasticity of tubers differed for the fractions (higher value for tubers of greater size) and for the time of storage (higher value for shorter time of storage).

Keywords: dry mass, modulus of elasticity