

Zygmunt Sobol  
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej  
Akademia Rolnicza w Krakowie

## ZMIANY MASY I OBJĘTOŚCI BULW ZIEMNIAKA W WYNIKU ABSORPCJI WODY

### Streszczenie

W pracy wykonano ocenę dynamiki zmian masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. Do badań przyjęto cztery odmiany ziemniaka tj. Drop, Ibis, Irga i Salto oraz trzy frakcje wielkościowe bulw tj. >60 mm, 50-60 mm i 40-50 mm. Badania wykonano na bulwach nie obranych i obranych po ośmiomiesięcznym okresie przechowywania. Czas absorpcji wynosił 3,5 h, a częstotliwość pomiaru 0,5 h. Przyrost masy bulw obranych w ciągu 3,5 h absorpcji wody wyniósł średnio około 9%, a przyrost objętości ponad 10,5%. Zmiany masy i objętości bulw nie obranych nie przekraczały 0,5%. Wykazano istotną zmianę absorpcji wody przez bulwy dla badanych odmian i frakcji wielkościowych. Przebieg zmian przyrostu masy i objętości od czasu absorpcji wyrażono równaniami nieliniowymi przy pomocy estymacji metodą najmniejszych kwadratów.

**Słowa kluczowe:** bulwa ziemniaka, absorpcja, odmiana, frakcja wielkościowa bulw

### Wykaz oznaczeń

- $m_i$  – masa bulwy po i-tym czasie absorpcji [g],
- $m_0$  – początkowa masa bulwy (przed absorpcją) [g],
- $\Delta m$  – przyrost masy [%],
- $v_i$  – objętość bulwy po i-tym czasie absorpcji [cm<sup>3</sup>],
- $v_0$  – początkowa objętość bulwy (przed absorpcją) [cm<sup>3</sup>],
- $\Delta v$  – przyrost objętości [%],
- $m_p$  – masa bulwy w powietrzu [g],
- $m_w$  – masa bulwy w cieczy [g],
- $\rho_c$  – gęstość cieczy z uwzględnieniem jej temperatury [g·cm<sup>-3</sup>].

## Wstęp

Podczas długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka zachodzą w nich procesy, w wyniku, których następują zmiany ilościowe polegające między innymi na zmniejszeniu wyjściowej masy bulw na skutek oddychania, transpiracji i kiełkowania. Straty te należą do tej grupy, których nie można uniknąć, natomiast można je różnymi sposobami minimalizować [Sowa-Niedziałkowska 2000, 2002, 2003; Kuźniewicz-Czerko i in. 1992]. Z literatury naukowej wynika, że poziom tych strat zdeterminowany jest przede wszystkim poprzez temperaturę i wilgotność względną powietrza podczas przechowywania oraz czas przechowywania. W nieco mniejszym stopniu, na poziom strat naturalnych mają wpływ cechy genetyczne odmian, warunki meteorologiczne panujące podczas okresu wegetacji, uszkodzenia mechaniczne bulw powstałe podczas zbioru i obróbki pozbiorowej [Sowa-Niedziałkowska 2000; Sobol 2005, 2005a; Zgórska i in. 1997]. Ograniczanie strat naturalnych poprzez obniżanie temperatury przechowywania pociąga za sobą ryzyko podwyższenia w bulwach poziomu zawartości cukrów redukujących poza graniczną wartość, która decyduje z kolei o przydatności ziemniaków na cele konsumpcyjne i przetwórcze [Frydecka-Mazurczyk i in. 2000; Lisińska i in. 1991; Zgórska 1996, 2003; Zgórska i in. 1994, 1997]. Przy zalecanych warunkach przechowywania, zależnych od kierunków użytkowania, straty naturalne w sześciomiesięcznym okresie przechowywania wynoszą od kilku do kilkunastu procent. W grupie strat naturalnych największy udział stanowią straty powodowane transpiracją wody z bulw (75-85%) [Sowa-Niedziałkowska 2000; Sobol 2005a]. Straty te powodują występowanie skurczu przechowalniczego bulw oraz utratę ich jędrności. Nadmierny spadek jędrności bulw może być przyczyną: zwiększenia strat podczas obierania (zwłaszcza mechanicznego), istotnych zmian kształtów i wymiarów podczas krojenia chipsów i frytek, pogorszenia stanu powierzchni (powierzchnia szorstka, nierówna, poszarpana, duża liczba otwartych komórek) podczas cięcia chipsów i frytek. Powstające nieprawidłowości przy krojeniu plasterków i słupków z bulw, które nadmiernie utraciły jędrność, przekładają się na pogorszenie jakości otrzymywanych z nich chipsów i frytek (zmiana zawartości oleju, nierównomierne jego rozłożenie, pogorszenie tekstury powierzchni).

## Cel i zakres pracy

Celem badań było określenie zakresu i dynamiki zmian masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody.

Badaniami objęto cztery odmiany ziemniaka Drop, Ibis, Irga i Salto oraz trzy frakcje wielkościowe bulw tj. >60 mm, 50-60 mm i 40-50 mm. Badania przeprowadzono po ośmiomiesięcznym okresie przechowywania w chłodni (w warunkach

zalecanych dla ziemniaków konsumpcyjnych tj. 4-6°C i około 90% wilgotności względnej powietrza) na dwóch grupach bulw tj. obranych i nie obranych. Czas absorpcji wynosił 3,5 h, a częstość pomiarów 0,5 h.

### Metodyka badań

Doświadczenie polegało na zanurzaniu bulw ziemniak w wodzie o temperaturze pokojowej (18-20°C) na okres 0,5 h, a następnie określaniu ich masy i objętości. Pomiar prowadzono dla siedmiu (0,5 h) odcinków czasowych absorpcji wody.

Masy i objętości bulw określano za pomocą elektronicznej wagi laboratoryjnej WPS 510/C/1. Objętość wyznaczono poprzez pomiar masy bulwy w powietrzu i w cieczy o znanej gęstości (woda destylowana). Pomiar prowadzono z dokładnością do 0,001 g. Podczas pomiaru monitorowano temperaturę wody destylowanej.

Przyrost masy bulw wyznaczano wg wzoru 1.

$$\Delta m = \frac{m_i - m_0}{m_0} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

Objętość bulw obliczano wg wzoru 2, a przyrost objętości wg wzoru 3.

$$v = \frac{m_p - m_w}{\rho_c} [cm^3] \quad (2)$$

$$\Delta v = \frac{v_i - v_0}{v_0} \cdot 100[\%] \quad (3)$$

Ziemniaki wszystkich badanych odmian były uprawiane według tej samej agrotechniki. Badania wykonano po okresie przechowalniczym 2004/05.

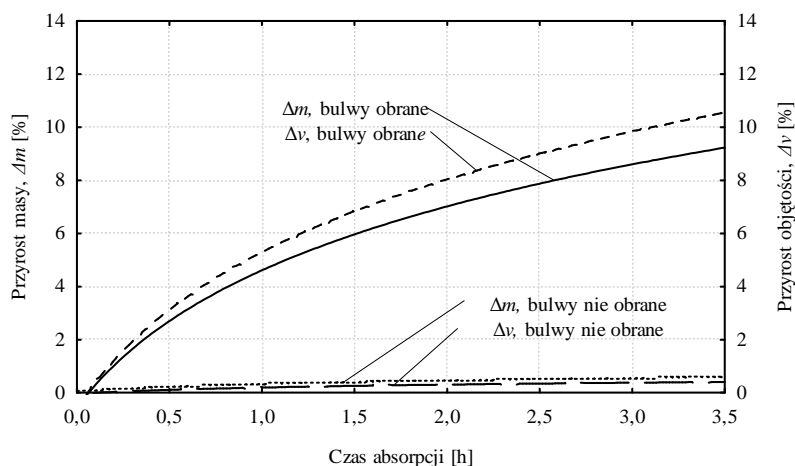
Przebiegi zmian przyrostu masy i objętości od czasu absorpcji wody wyrażono modelami w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej. Do estymacji parametrów tych równań zastosowano algorytm Gaussa-Newtona.

### Wyniki badań

Z dotychczasowych badań wynika, że głównym sposobem na uzyskanie odpowiedniego stanu bulw (technologicznie przydatnych do konsumpcji i przerobu na wyroby uszlachetnione, o ubytkach naturalnych poniżej 10%) po długotrwałym składowaniu jest przechowywanie bulw w niskiej temperaturze (poniżej 4°C), a następnie ich rekondycjonowaniu [Frydecka-Mazurczyk i in. 2000; Zgórska i in.

1994]. Z badań wynika również, że przechowując ziemniaki w atmosferze zalecanej dla ziemniaków konsumpcyjnych (4-6 °C, 90% wilgotności względnej powietrza), po ośmiomiesięcznym okresie przechowywania należy spodziewać się około 14% strat naturalnych, z czego około 11% to starty spowodowane przez transpirację wody [Sobol 2005a]. Wynika z tego, że otwartym pozostaje problem nadmiernej transpiracji wody z bulw ziemniaka. Aby ograniczyć transpirację wody z warzyw, oprócz zalecanych warunków przechowywania stosuje się np. foliowanie ogórków szklarniowych, brokułów, sałat; woskowanie owoców papryki. Znane są również sposoby odwracania niewielkich ubytków wody (4-8%) w odniesieniu do niektórych warzyw i tak np. korzenie marchwi lub owoce pomidorów mogą zaabsorbować do kilku procent wody gdy umieścimy je w atmosferze o wysokiej wilgotności względnej powietrza [Adamicki i in. 2002]. Bezpośrednie przeniesienie, wykorzystywanych w przechowalnictwie warzyw, sposobów ograniczania transpiracji do metody przechowywania ziemniaków nie znajduje merytorycznego ani racjonalnego uzasadnienia. Stosowanie szczelnych opakowań dla bulw ziemniaka przeznaczonych od długotrwałego przechowywania może doprowadzić do oddychania beztlenowego, a zwiększenie wilgotności względnej powietrza przy wyższych temperaturach przechowywania może powodować nadmierne procesy gnilne. Badania wskazują również, że o wielu operacjach (mechanicznych, termicznych) wykonywanych na bulwach pozbawionych skórki (obranych) w procesach przetwarzania decyduje ich stan fizyczny (jędrność, gęstość) [Lisińska 1994; Lisińska i in. 1991, 1999; Mozolewski 1999].

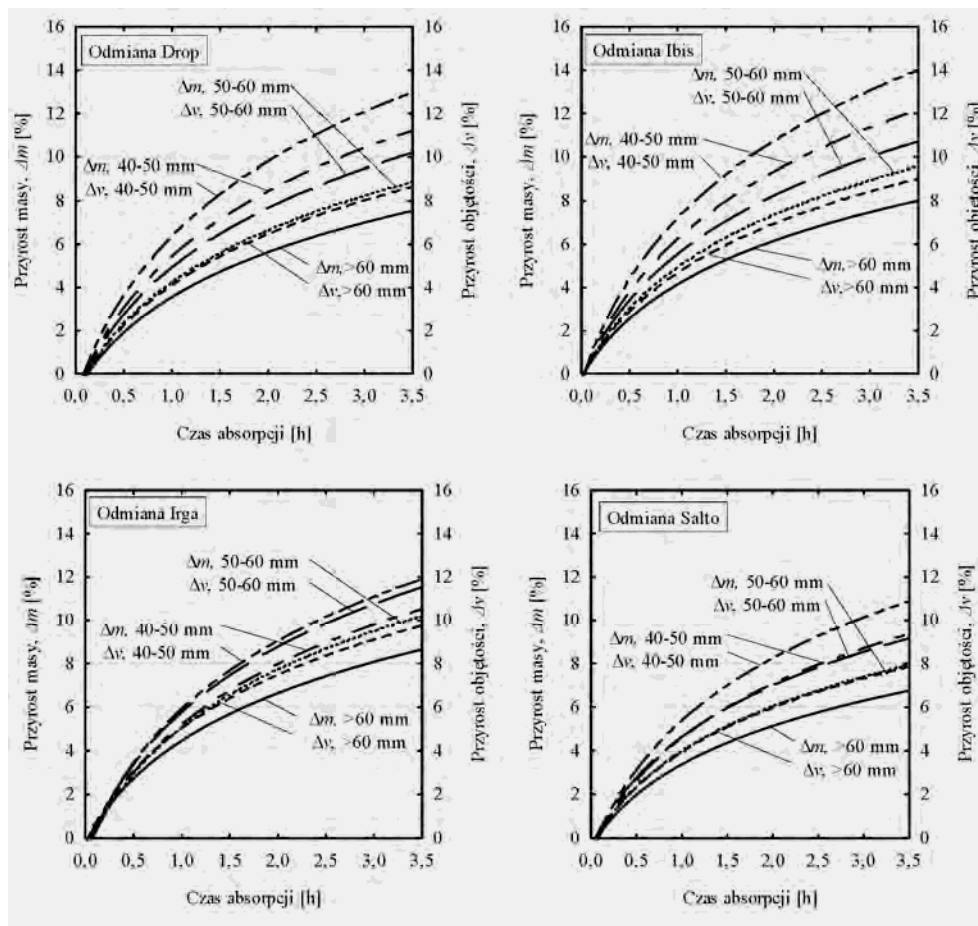
Z badań prowadzonych przez autora wynika, że na zmiany masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody, statystycznie istotny wpływ miały wszystkie czynniki przyjęte do doświadczenia. Wśród badanych bulw, praktycznego znaczenia nabiera tylko dynamika zmian masy i objętości bulw obranych (rys. 1). Badania wskazują, że obrane bulwy mogą zaabsorbować w krótkim czasie (3,5 h) prawie tyle wody, ile straciły w ośmiomiesięcznym okresie przechowywania (rys. 1, tab. 1). W wyniku przeprowadzonych badań można określić również czas absorpcji wody, który byłby potrzebny do zmiany właściwości mechanicznych bulw ze stanu po ośmiomiesięcznym okresie przechowywania (ubytki naturalne około 14%) do stanu, w którym bulwy pod względem technologicznym są przydatne do przetwarzania (ubytki naturalne około 10%). Z powyższych badań wynika, że średni czas absorpcji wody (dla badanych odmian i frakcji wielkościowych) około 1 h (rys. 1) spowoduje że obranym bulwom ziemniaka przywrócone zostaną właściwości, które zdecydują o możliwości technologicznego ich przetwarzania. Z dynamiki przebiegu procesu absorpcji wody bulw obranych, można wnioskować, że proces ubytku wody jest odwracalny, a bulwy zwiększają swoją masę i objętość.



Rys 1. Zależność przyrostu masy i objętości bulw ziemniaka od czasu absorpcji wody

Fig. 1. Relation between potato tuber weight and volume gain and water absorption time

Zatem można założyć, że w bardzo krótkim czasie wzrasta jędrność bulw, poprawiają się ich właściwości mechaniczne (bulwy mogą ulegać mniejszym deformacjom podczas krojenia), a w wyniku tego poprawie powinna ulec jakość chipsów i frytek. Badania te wskazują również na istotne zróżnicowanie absorpcji wody przez bulwy różnych frakcji wielkościowych (rys. 2). Ilość absorbowanej wody malała wraz z zwiększaniem wielkości bulw. Przyrosty masy bulw w wyniku 3,5 h absorpcji wody zmieniały się w zakresie od 7% dla frakcji największej (>60 mm) u odmiany Salto do 12% frakcji najmniejszej (40-50 mm) u odmiany Drop. Zmiany przyrostu objętości bulw były podobne i wynosiły od 8% u odmiany Salto do prawie 14% u odmiany Drop. Intensywność absorpcji wody w znacznym stopniu zależna jest od odmian ziemniaka. Najwięcej wody (w jednakowym czasie) zaabsorbowały bulwy odmiany Drop, a najmniej odmiany Salto. Spośród wielu badanych funkcji wyrażających przebieg zmian przyrostu masy i objętości w wyniku absorpcji wody najlepsze dopasowanie do wartości rzeczywistych uzyskano dla przebiegu funkcji logarytmicznych (tab. 1). Przebieg procesu absorpcji wody przez bulwy ziemniaka jest wysoce spójny. Świadczą o tym otrzymane wartości współczynników determinacji (od 0,925 do 0,985) dla modeli opisujących przebiegi tego zjawiska dla badanych odmian i frakcji wielkościowych bulw ziemniaka (tab. 1).



Rys. 2. Zależność przyrostu masy i objętości bulw ziemniaka od czasu absorpcji wody dla odmian i frakcji wielkościowych

Fig. 2. Relation between potato tuber weight and volume gain and water absorption time for varieties and size fractions

Tabela 1. Parametry modelu opisującego zmiany przyrostu masy  $\Delta m$  i przyrostu objętości  $\Delta v$  bulw ziemniaka od czasu absorpcji wodyTable 1. Parameters of a model describing changes in potato tuber weight gain  $\Delta m$  and volume gain  $\Delta v$  in relation to water absorption time

Czynniki	Funkcja estymowana $y = a \cdot \log_{10}(x) + c$					
	Parametry funkcji dla $\Delta m$		Udział wariacji wyjaśnionej $R^2$ , dla $\Delta m$	Parametry funkcji dla $\Delta v$		Udział wariacji wyjaśnionej $R^2$ , dla $\Delta v$
	a	c		a	c	
Bulwy obrane						
Cała populacja	10,8438	-0,5618	0,852	12,3363	-0,5875	0,851
Drop > 60 mmm	9,3491	-0,8980	0,942	10,6342	-0,9591	0,945
Drop 50-60 mmm	10,8345	-0,9202	0,939	12,3654	-0,9661	0,943
Drop 40-50 mmm	13,5112	-0,9894	0,925	15,5152	-1,0266	0,929
Ibis > 60 mmm	9,0476	-0,1637	0,949	10,1808	-0,1714	0,948
Ibis 50-60 mmm	10,8611	-0,2330	0,969	12,1227	-0,2304	0,970
Ibis 40-50 mmm	13,8920	-0,3716	0,967	15,9431	-0,3992	0,962
Irga > 60 mmm	9,8304	-0,2305	0,948	11,0591	-0,2424	0,945
Irga 50-60 mmm	12,0305	-0,6756	0,956	13,5434	-0,6961	0,957
Irga 40-50 mmm	12,4889	-0,7546	0,982	14,0466	-0,7762	0,985
Salto > 60 mmm	7,9099	-0,3892	0,982	9,1789	-0,4311	0,979
Salto 50-60 mmm	9,2388	-0,4127	0,931	10,5931	-0,4143	0,941
Salto 40-50 mmm	11,1317	-0,7029	0,939	12,853	-0,7375	0,936
Bulwy nie obrane						
Cała populacja	0,2606	0,0491	0,796	0,2166	-0,0398	0,654

## Wnioski

1. Zmiany masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody wyrażono funkcjami logarytmicznymi, dla których udział wariacji wyjaśnionej zawierał się w przedziale od 0,925 do 0,985. Średni przyrost masy bulw w wyniku 3,5 h absorpcji wody wyniósł ok. 9%, a przyrost objętości ok. 10,5%.
2. Przyrost masy i objętości bulw w wyniku absorpcji wody zależał od frakcji wielkościowych bulw ziemniaka. Wraz ze wzrostem wielkości bulw malała wartość przyrostu masy i objętości.
3. Na przyrost masy i objętości bulw, powodowany przez absorpcję wody istotny wpływ miała odmiana ziemniaków.

## Bibliografia

Adamicki F., Czerko Z. 2002. Przechowalnictwo warzyw i ziemniaków. PWRiL Poznań.

Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 2000. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego po przechowywaniu w niskiej temperaturze. *Żywność* 4(25): 53-59.

Kuźniewicz-Czerko M., Sowa-Niedziałkowska G. 1992. Trwałość przechowalnicza odmian przydatnych do przetwórstwa. *Ziemniak Polski* 3: 21-23.

Lisińska G. 1994. Ziemniak jako surowiec dla przemysłu, Wymagania w stosunku do surowca. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 32-40.

Lisińska G., Pęksa A., Leszczyński W. 1991. Wpływ warunków przechowywania na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów. Cz. II. *Zesz. Nauk AR Wrocław* 244, *Technologia Żywności* VII: 9-28.

Lisińska G., Rutkowski A. 1999. Ciepły ziemniaczane. *Przemysł Spożywczy* 1: 42-50.

Mozolewski W. 1999. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Ziemniak jadalny dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalniczne warunkujące jakość. IHAR, Konferencja Naukowa Radzików 23-25 lutego, s. 89-91.

Sobol Z. 2005. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz. 1. Straty spowodowane kiełkowaniem. *Inżynieria Rolnicza* 10(70): 341-348.

Sobol Z. 2005a. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz. 2. Ubytki naturalne. *Inżynieria Rolnicza* 10(70): 349-357.

Sowa-Niedziałkowska G. 2000. Wpływ warunków wzrostu roślin i magazynowania bulw odmian jadalnych ziemniaka na ich trwałość przechowalnicy. *Biuletyn IHAR* 213: 225-232.

Sowa-Niedziałkowska G. 2002. Warunki ograniczania strat ilościowych w przechowalnictwie i obróbce ziemniaka jadalnego. *Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych*. Praca zbiorowa pod red. Chotkowskiego J., *Wiś Jutra*: 212-219.



Sowa-Niedziałkowska G. 2003. Straty Przechowalnicze i ich ograniczanie. Ziemniaki nowe wyzwania. Agro Serwis, IHAR, Stowarzyszenie Polski Ziemniak, Warszawa: 73-77.

Zgórska K. 1996. Zmiany cech jakości ziemniaków w czasie przechowywania. IHAR Jadwisin, Ziemniak Polski 1: 24-27.

Zgórska K. 2003. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa na cele spożywcze. Ziemniaki nowe wyzwania. Agro Serwis, IHAR, Stowarzyszenie Polski Ziemniak, Warszawa: 35-38.

Zgórska K. Frydecka-Mazurczyk A. 1997. Temperatura przechowywania ziemniaków w zależności od kierunków użytkowania. IHAR Jadwisin, Ziemniak Polski 4: 16-21.

Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1994. Możliwość ograniczania zawartości cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. IHAR Jadwisin, Ziemniak Polski 2: 27-30.

## **CHANGES IN POTATO TUBER WEIGHT AND VOLUME DUE TO WATER ABSORPTION**

### **Summary**

The work shows analysis of change dynamics for potato tuber weight and volume due to water absorption. Four potato varieties were used in tests: Drop, Ibis, Irga and Salto, and three tuber size fractions: >60 mm, 50-60 mm and 40-50 mm. The tests were carried out for unpeeled and peeled tubers after eight months of storage. Absorption time was 3.5 h, and measurement frequency: 0.5 h. At the average, peeled tuber weight gain after 3.5 h of water absorption was approximately 9%, and volume gain exceeded 10.5%. Changes in unpeeled tuber weight and volume did not exceed 0.5%. The analysis proved significant change in water absorption by tubers for tested varieties and size fractions. The relation between changes in weight and volume gain and absorption time was expressed by non-linear equations using the least squares method estimation.

**Key words:** potato tuber, absorption, variety, tuber size fraction