

ZMIANA UBYTKU GĘSTOŚCI BULW ZIEMNIAKA W WYNIKU ABSORPCJI WODY

Zygmunt Sobol

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków
e-mail: zsobol@ar.krakow.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę zmian ubytków gęstości obranych bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. Badania przeprowadzono po ośmiomiesięcznym czasie przechowywania w okresie przechowalniczym 2004/05. Badaniami objęto trzy frakcje wielkościowe bulw czterech odmian ziemniaka. Z badań wynika, że na wartość ubytków gęstości statystycznie istotny wpływ miały wszystkie przyjęte czynniki w doświadczeniu tj. czas absorpcji, odmiana ziemniaków i frakcja wielkościowa bulw. Ubytki gęstości po 3,5 h absorpcji wody wyniosły około $|-13 \cdot 10^{-3}| \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Ubytki gęstości rosły wraz ze zmniejszaniem się frakcji wielkościowej bulw. W czasie absorpcji wody, ubytki gęstości się zmieniały, a zmiany te wyrażono za pomocą funkcji logarytmicznych.

Słowa kluczowe: bulwa ziemniaka, ubytek gęstości, absorpcja wody, frakcja wielkościowa bulw

WSTĘP

Spośród procesów zachodzących w bulwach podczas przechowywania, największe znaczenie posiada transpiracja [16]. Według Chourasia i in. [1-3] utrata wilgotności z bulw ziemniaka jest jednym z najbardziej ekonomicznie znaczących parametrów dla długoterminowego przechowywania. W wyniku transpiracji bulwy tracą masę, ulegają „skurczowi przechowalniczemu”, zmniejsza się ich jędrność, zmianom ulega wytrzymałość mechaniczna i zwiększa się ich gęstość [11-14]. Zmiany właściwości wynikające z transpiracji zasadniczo wpływają na przebieg wielu procesów w technologiach przetwarzania bulw, powodując pogorszenie jakości gotowych wyrobów spożywczych [5-9]. Z dotychczasowych badań wynika, że głównym sposobem na ograniczenie transpiracji i uzyskanie odpowiedniego stanu bulw (technologicznie przydatnych do konsumpcji i przerobu na wyroby spożywcze) po długotrwałym składowaniu jest przechowywanie bulw w niskiej temperaturze (poniżej 4°C) a następnie ich rekondycjonowanie [4,17].

Ta metoda przechowywania przynosi jednak pozytywne efekty tylko w odniesieniu do ograniczonej grupy odmian ziemniaka. Z dostępnej literatury wynika, że brak jest jednoznacznych i zadowalających rozwiązań ograniczania nadmiernej transpiracji bulw podczas ich przechowywania lub skutecznego ich „rekondycjonowania” po utracie wody. Wcześniejsze badania autora wskazują, że istnieje możliwość odwrócenia efektu transpiracji bulw wynikającej z długotrwałego ich przechowywania procesem sorpcji wody. Autor uzyskał pozytywne wyniki przyrostu masy i objętości obranych bulw w wyniku absorpcji wody [15].

Celem badań było opracowanie modeli empirycznych opisujących zmianę ubytku gęstości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody.

MATERIAŁY I METODY

Do badań przyjęto cztery odmiany ziemniaka tj.: Drop, Ibis, Irga, Salto. W obrębie każdej odmiany badano trzy frakcje wielkościowe: 40-50 mm, 50-60 mm i >60 mm. Bulwy ziemniaka przechowywano w chłodni w pojedynczych warstwach na ażurowym podłożu [10]. W doświadczeniu zastosowano zalecane warunki przechowywania dla ziemniaków jadalnych (temperatura 4-6°C, wilgotność względna powietrza ok. 90%) [4,16,17]. Okres przechowywania wynosił osiem miesięcy. Po tym okresie podjęto badania mające na celu poprawienie właściwości mechanicznych bulw ziemniaka poprzez absorpcję wody. Bulwy tuż przed absorpcją wody obierano ręcznie za pomocą nożyka o kalibrowanej szczelinie 1,7 mm. Doświadczenie polegało na zanurzaniu obranych bulw ziemniaka w wodzie o temperaturze pokojowej (18-20°C) na okres 0,5 h, a następnie określaniu ich masy i objętości. Pomiar prowadzono dla siedmiu odcinków czasowych absorpcji wody (po 0,5 h każdy). Badania wykonano po okresie przechowalniczym 2004/05. Ziemniaki wszystkich badanych odmian były uprawiane według poprawnej agrotechniki, a warunki uprawy były takie same. Ziemniaki uprawiano rzędowo na nawozie zielonym (mieszanka łubinu wąskolistnego i gorczycy – 40·10³ kg·ha⁻¹ zielonej masy) uzupełnionym kompostem w dawce 30·10³ kg·ha⁻¹. W uprawach zastosowano pielęgnację mechaniczno-chemiczną i pełną ochronę chemiczną.

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

Wartość gęstości bulw ziemniaka wyliczano według wzoru 1:

$$\rho_b = \frac{m_p}{m_p - m_c} \cdot \rho_c \quad (1)$$

gdzie:

ρ_b – gęstość bulwy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$),

m_p – masa bulwy w powietrzu (g),

m_c – masa bulwy w cieczy (g),

ρ_c – gęstość cieczy z uwzględnieniem jej temperatury ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

Ubytki gęstości wynikające z absorpcji wody przez bulwy ziemniaka wyliczono na podstawie wzoru 2:

$$\Delta\rho = \rho_i - \rho_o \quad (2)$$

gdzie:

$\Delta\rho$ – ubytek gęstości bulwy ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$),

ρ_i – gęstość bulwy po i-tym czasie absorpcji ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$),

ρ_o – gęstość bulwy przed absorpcją ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

Zależności zmian ubytków gęstości od czasu absorpcji wody wyrażono modelami obliczonymi metodą estymacji nieliniowej. Do estymacji parametrów tych równań zastosowano algorytm Gaussa-Newtona.

WYNIKI I DYSKUSJA

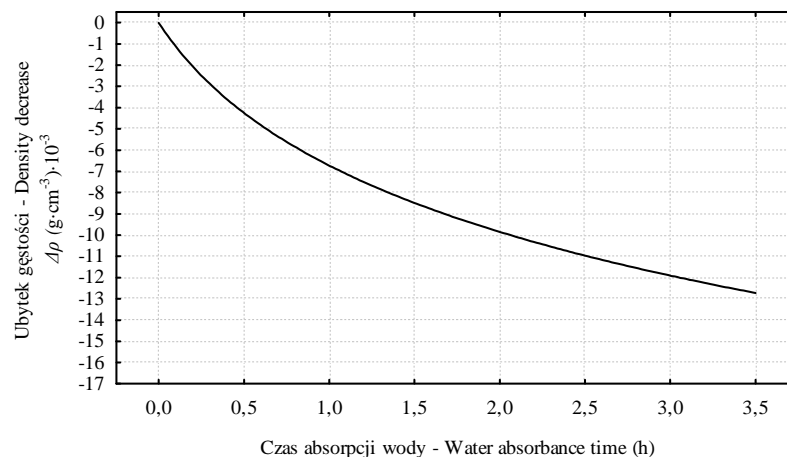
Z literatury naukowej wynika, że przetwory spożywcze takie jak frytki, czipsy wytwarzane z bulw w końcowym okresie przechowywania charakteryzują się znacznie gorszą jakością w porównaniu z takimi samymi przetworami, wytwarzanymi z bulw tuż po zbiorze lub w początkowym okresie przechowywania. Dotyczy to między innymi pogorszenia tekstury, twardości, konsystencji oraz smaku (powierzchnia frytek staje się bardziej twarda, a miąższ sprawia wrażenie surowego, frytki tracą charakterystyczny dla produktów smażonych smak i zapach, czipsy natomiast stają się mało delikatne, nieodpowiednio kruche, charakteryzują się znaczną ziarnistością) [5-9]. Zdaniem autora przyczyn tych nieprawidłowości należy upatrywać we wzroście gęstości bulw podczas długotrwałego przechowywania. Według Lisińskiej [5], o jakości frytek w znacznym stopniu decyduje zawartość w nich tłuszczu. Zbyt wysoka zawartość tłuszczu we frytkach podraża koszty ich produkcji oraz sprawia, że są one oleiste w smaku. Natomiast zbyt niska, powoduje, że frytki nie mają odpowiedniego smaku i zapachu, charakterystycznego dla produktów smażonych. Frytki dobrej jakości po ich całkowitym usmażeniu powinny zawierać 7-10% tłuszczu. Z badań wynika również, że na chłonność oleju przez frytki podstawowy wpływ ma gęstość bulw ziemniaka. Wraz ze wzrostem gęstości zmniejsza się zawartość tłuszczu we frytkach [5]. Gęstość bulw ziemniaka wpływa również na parametry ilościowe i jakościowe czipsów. Wielu autorów twierdzi, że wymagania stawiane bulwom (dotyczy to

również gęstości) przeznaczonym do produkcji chipsów są bardziej rygorystyczne niż przy innych kierunkach zagospodarowania ziemniaków. Dobrej jakości czipsy oprócz wielu cech, takich jak: wysoka zawartość witaminy C, właściwa barwa, konsystencja, tekstura, trwałość oraz smak, charakteryzują się zawartością tłuszczu w granicach 33-40%, a to można osiągnąć przetwarzając bulwy o gęstości od $1,087 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ do $1,067 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ [5,6]. Jak przedstawia Lisińska [5], zawartość tłuszczu w czipsach zmienia się od 31,3% dla gęstości $1,095 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (22,9% s.m.) do 45,3% dla gęstości $1,06 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (15,4% s.m.), natomiast wydajność czipsów, w tym samym przedziale gęstości, zmienia się od 31% do 24,5%. Z przedstawionych zależności wynika, że każdy wzrost gęstości bulw o $5\cdot 10^{-3} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ powoduje zmniejszenie zawartości tłuszczu w chipsach o około 2% i zwiększenie wydajności o około 1%. Czipsy produkowane z bulw o zbyt dużej gęstości mogą mieć zbyt twardą konsystencję, a wytwarzane z bulw o małej gęstości mogą zawierać zbyt dużo tłuszczu i charakteryzować się „mazistą, mało chrupką konsystencją” [6,8]. Z badań autora wynika [12], że przyrost gęstości bulw ziemniaka po ośmiu miesiącach przechowywania może wynosić nawet $10\text{-}15\cdot 10^{-3} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a w skutek tego mogą nastąpić kilkudziesięcioprocentowe zmiany w zakresie optymalnej zawartości tłuszczu w czipsach (pod warunkiem doboru odmian o najniższej zalecanej gęstości). Przy wyborze odmian zalecanych dla przetwórstwa spożywczego, które posiadają wysoką gęstość po zbiorze ($> 1,087 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) należy spodziewać się, że przyrost ich gęstości na skutek długotrwałego przechowywania spowoduje znaczne pogorszenie jakości wyrobów smażonych – frytek i czipsów. Wzrost gęstości bulw ziemniaka (zwiększenie stężenia składników suchej masy) podczas przechowywania wynika z procesu transpiracji [9,11,12]. Tak więc dobra jakość technologiczna bulw ziemniaka w trakcie przechowywania zdeterminowana jest stosowaniem takich metod przechowywania, które znacząco ograniczają ten proces.

Na podstawie obecnego stanu wiedzy z zakresu przechowywania i przetwarzania ziemniaków, autor podjął badania mające na celu próbę poprawienia właściwości mechanicznych bulw ziemniaka po długotrwałym okresie przechowywania. Badania polegały na ocenie dynamiki zmian masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. Z badań prowadzonych przez autora [15] wynika, że na zmiany masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody, statystycznie istotny wpływ miały: czas absorpcji, odmiana i frakcja wielkościowa. Badania wskazują, że praktycznego znaczenia nabiera tylko dynamika zmian masy i objętości bulw obranych. Z badań Lisińskiej [5], Lisińskiej i in. [7], Lisińskiej i Rutkowskiego [8], Mozolewskiego [9] wynika, że o wielu operacjach (mechanicznych, termicznych) wykonywanych na bulwach pozbawionych skórki (obranych), w procesach przetwarzania decyduje ich stan fizyczny a w szczególności ich jędrność i gęstość. Badania autora wskazują, że obrane bulwy mogą zaabsorbować w krótkim czasie (3,5 h) prawie tyle wody, ile straciły w ośmio-

miesięcznym okresie przechowywania. Z dynamiki przebiegu procesu absorpcji wody przez bulwy obrane, można wnioskować, że proces ubytku wody jest odwracalny, a bulwy zwiększają swoją masę i objętość. 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 czipsów i frytek. 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 w obrębie badanych odmian i frakcji wielkościowych bulw ziemniaka [15].

Z badań autora dotyczących absorpcji wody przez obrane bulwy ziemniaka wynika, że na zmiany ubytków gęstości statystycznie istotny wpływ miały: czas absorpcji, odmiana ziemniaka oraz wielkość bulw. W wyniku 3,5 h absorpcji wody w obranych bulwach wystąpił ubytek gęstości około $|-13 \cdot 10^{-3}| \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, a więc nastąpiło zmniejszenie stężenia składników suchej masy (rys. 1). Wartość ta jest porównywalna z przyrostem gęstości – wynikającym z transpiracji bulw – po ośmiu miesiącach przechowywania w warunkach zalecanych dla bulw konsumpcyjnych [12].

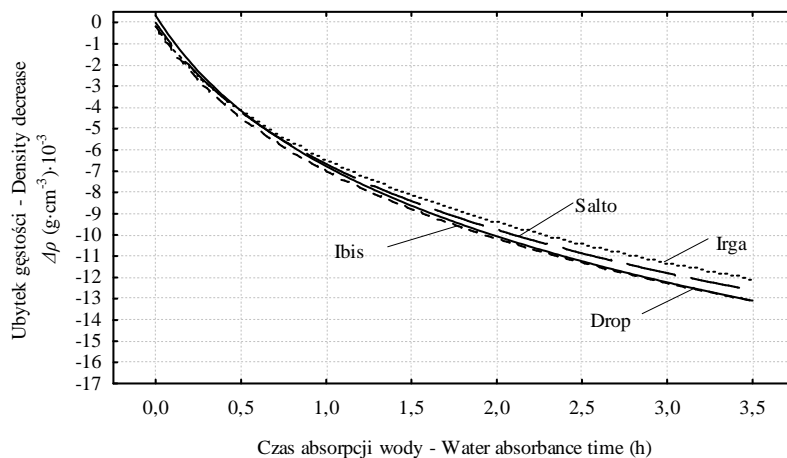


Rys. 1. Zależność ubytku gęstości bulw ziemniaka od czasu absorpcji wody

Fig. 1. Relation between potato tuber density decrease modification and water absorbance time

Dynamika zmian ubytku gęstości została wyrażona funkcją logarytmiczną – w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej – dla której udział wariancji wyjaśnionej wyniósł 0,785 (tab. 1). Zmianom ulegała dynamika ubytków gęstości w odniesieniu do bulw różnych odmian (rys. 2). Podobne przebiegi zmian ubytków gęstości – o największej dynamice – zaobserwowano dla odmian Drop i Ibis. Z nieco mniejszą dynamiką zmieniały się ubytki gęstości u odmiany Salto, a najmniejszą u odmiany Irga (rys. 2). Przebiegi zmian ubytków gęstości wyrażono również za po-

mocą funkcji logarytmicznych, dla których uzyskano udział wariancji wyjaśnionej w przedziale od 0,676 do 0,889 (tab. 1).



Rys 2. Zależność ubytku gęstości bulw ziemniaka od czasu absorpcji wody w obrębie badanych odmian ziemniaka

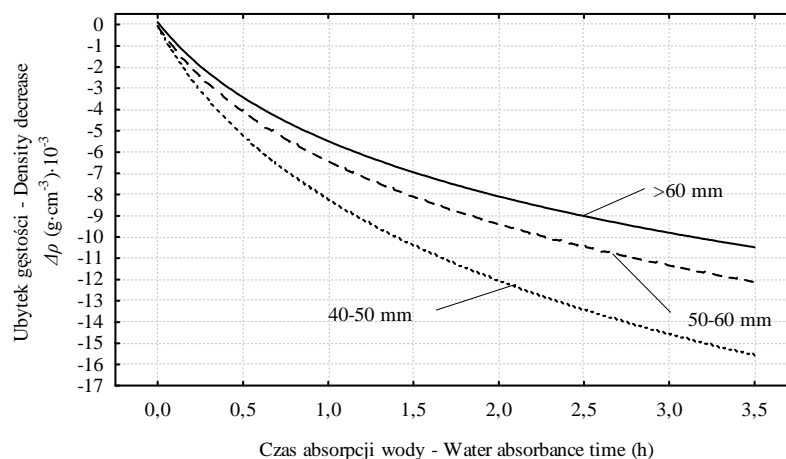
Fig. 2. Relation between potato tuber density decrease modification and water absorbance time in the tested group of potato varieties

Tabela 1. Parametry modelu opisującego zmiany ubytku gęstości bulw ziemniaka w zależności od czasu absorpcji wody

Table 1. The model parameters describing the density decrease modification of the potato tubers depending on the water absorbance time

Czynniki Elements	Funkcja estymowana – Estimated function		
	$y = a \cdot \log_{10}(x) + c$		
	Parametry funkcji Function parameters		Udział wariancji wyjaśnionej Explained variance share
a	c		
Cała populacja Whole populatin	-14,07	-0,015	0,785
Drop	-14,85	0,318	0,789
Ibis	-14,31	-0,175	0,676
Irga	-13,17	-0,191	0,889
Salto	-13,94	-0,011	0,852
> 60 mm	-11,72	0,105	0,918
50-60 mm	-13,31	-0,090	0,937
40-50 mm	-17,18	-0,059	0,847

Zmiana ubytku gęstości w znacznym stopniu zależała od frakcji wielkościowych bulw ziemniaka. Ubytki gęstości rosły wraz ze zmniejszaniem się wielkości bulw (rys. 3). Z badanych frakcji wielkościowych największe ubytki gęstości wynikające z absorpcji wody (około $|-15 \cdot 10^{-3}| \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) wystąpiły w najmniejszych bulwach – 40-50 mm. Natomiast najmniejsze ubytki gęstości (około $|-10 \cdot 10^{-3}| \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) odnotowano w bulwach największych – >60 mm. Dynamikę zmian ubytków gęstości wyrażono również równaniami logarymicznymi a uzyskane wartości wariancji wyjaśnionej dla tych modeli wyniosły od 0,847 do 0,937. Uzyskane wartości wariancji wyjaśnionej dla otrzymanych modeli są zadowalające i dają podstawę do dalszych, bardziej szczegółowych badań nad tym zagadnieniem.



Rys 3. Zależność ubytku gęstości bulw ziemniaka od czasu absorpcji wody w obrębie badanych frakcji wielkościowych

Fig. 3. Relation between potato tuber density decrease modification and water absorbance time in the tested tuber size fractions

WNIOSKI

1. Ubytki gęstości obranych bulw ziemniaka wynikające z absorpcji wody, zależą od czasu absorpcji. Przebieg tych zmian można wyrazić za pomocą funkcji logarymicznych, dla których wartości wariancji wyjaśnionych zawierają się w przedziale od 0,676 do 0,937.

2. Na przebieg zmian ubytków gęstości w czasie absorpcji wody istotny wpływ ma wielkość bulw. Ubytki gęstości maleją wraz ze wzrostem wielkości bulw.

3. Ubytki gęstości bulw na skutek absorpcji wody zależą od odmiany ziemniaka. Z badanych odmian najmniejsze ubytki gęstości uzyskano dla odmiany Irga a największe dla odmiany Drop i Ibis.

PIŚMIENNICTWO

1. **Chourasia M.K., Saha R., De A., Sahoo P.K.:** Evaluation of storage losses in a commercial potato cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 41, 507-510, 2004.
2. **Chourasia M.K., Goswami T.K.:** Simulation of Transport Phenomena during Natural Convection Cooling of Bagged Potatoes in Cold Storage, Part I: Fluid Flow and Heat Transfer. *Biosystems Engineering*, Volume 94, Issue 1, 33-45, 2006.
3. **Chourasia M.K., Goswami T.K.:** Simulation of Transport Phenomena during Natural Convection Cooling of Bagged Potatoes in Cold Storage, Part II: Mass Transfer *Biosystems Engineering*, Volume 94, Issue 2, 207-219, 2006.
4. **Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.:** Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego po przechowywaniu w niskiej temperaturze. *Żywność*, 4(25), 53-59, 2000.
5. **Lisińska G.:** Ziemniak jako surowiec dla przemysłu. Wymagania w stosunku do surowca. *Post. Nauk Roln.*, 1, 32-40, 1994.
6. **Lisińska G.:** Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. IV Konferencja Naukowa, Szklarska Poręba, 8-11 maja, 61-68, 2006.
7. **Lisińska G., Pęksa A., Leszczyński W.:** Wpływ warunków przechowywania na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów. Cz. II. *Zesz. Nauk AR we Wrocławiu*, 244, *Technologia Żywności*, VII, 9-28, 1991.
8. **Lisińska G., Rutkowski W.:** Czipy ziemniaczane. *Przem. Spoż.*, 1, 42-44, 1999.
9. **Mozolewski W.:** Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Cz. I. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków na przydatność do wyrobu chipsów. *Biuletyn IHiAR*, 213, 261-266, 2000.
10. **Sobol Z.:** Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz.1. Straty spowodowane kiełkowaniem. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 341-348, 2005.
11. **Sobol Z.:** Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz. 2. Ubytki naturalne. *Inżynieria Rolnicza*, 10(70), 349-357, 2005.
12. **Sobol Z.:** Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 8(1), 219-228, 2006.
13. **Sobol Z.:** Wpływ wybranych czynników na wartość odkształceń względnych i naprężeń niszczących bulwy ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, (w druku), 2006.
14. **Sobol Z.:** Określenie „skurczu przechowalniczego” bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, (w druku), 2006.
15. **Sobol Z.:** Zmiany masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. *Inżynieria Rolnicza*, (w druku), 2006.
16. **Sowa-Niedziałkowska G.:** Warunki ograniczania strat ilościowych w przechowalnictwie i obróbce ziemniaka jadalnego. *Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych. Praca zbiorowa pod red. Chotkowskiego J., Wieś Jutra*, 212-219, 2002.
17. **Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.:** Możliwość ograniczania zawartości cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. *IHAR Jadwisin, Ziemniak Polski*, 2, 27-30, 1994.

POTATO TUBER DENSITY DECREASE MODIFICATION
AS A RESULT OF WATER ABSORBANCE

Zygmunt Sobol

Department of Agricultural and Food Technology, Agricultural University
ul. Balicka 116 B, 430-149 Kraków
e-mail: zsobol@ar.krakow.pl

Abstract. The study shows that density decrease modification of peeled potato tubers results from water absorbance. The research was conducted after an eight-month period of storage during the 2004/05 storing season. The research was applied to three tuber size fractions of four potato varieties. The research shows that the statistical density decrease was influenced significantly by all the parameters adopted in the research, i.e. absorbance time, potato variety, and tuber size fraction. The density decrease, after 3.5 h of water absorbance, equals around $|-13 \cdot 10^{-3}| \text{ g cm}^{-3}$. The density decrease grew along with tuber size reduction. Along with water absorbance, the density decrease increased, and the resultant changes were formulated by means of logarithmic functions.

Key words: potato tuber, density decrease, water absorbance, tuber size fraction