

RELACJE POMIĘDZY PRZYROSTEM GĘSTOŚCI BULW A WYBRANYMI WŁAŚCIWOŚCIAMI ZIEMNIAKA W OKRESIE PRZECHOWYWANIA

Zygmunt Sobol, Dariusz Baran

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie: Praca zawiera wyniki poszukiwań zależności pomiędzy przyrostem gęstości a wybranymi właściwościami bulw ziemniaka w trakcie 8-miesięcznego przechowywania. Właściwościami do opisu zmian przyrostu gęstości były: ubytki naturalne, skurcz przechowalniczy, ugięcie względne oraz naprężenia niszczące skórkę. Opracowane modele wyjaśniają badaną zależność w zakresie od 12,07% do 84,49%. Badania prowadzono dla 3 odmian ziemniaka, 2 frakcji wymiarowych i 4 rodzajów nawożenia.

Słowa kluczowe: ziemniak, przechowywanie, przyrost gęstości, ubytki naturalne, skurcz, naprężenia, ugięcie

Wprowadzenie

Podczas długotrwałego przechowywania ziemniaków, zachodzą w nich procesy biochemiczne i fizyczne, które wywołują zmiany ilościowe polegające między innymi na zmniejszeniu masy bulw, przyroście gęstości (zawartości suchej masy) zmniejszeniu jędrności (uwidaczniane np. zwiększającymi się odkształceniami bulw podczas ich mechanicznego obciążania) oraz zmianach wartości naprężeń niszczących. Modyfikacje tych właściwości zachodzą wskutek oddychania, a przede wszystkim transpiracji i kiełkowania [Sowa-Niedziałkowska 2000; Chourasia 2004; Sobol 2006b,c,d; Zgórska i in. 2006]. Większość zmian tych właściwości została przeanalizowana i opisana w odniesieniu do różnych grup czynników a w szczególności do czasu przechowywania [Sobol 2005b; 2006b,c,d]. Właściwością ulegającą zmianom w okresie przechowywania a decydującą o jakości surowca przeznaczonego na wyroby smażone jest gęstość bulw. Przyrost gęstości na skutek transpiracji bulw wpływa bezpośrednio na jakość chipsów i frytek [Lisińska 1994, 2006; Mozolewski 1999, 2000].

Cel, zakres pracy

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy przyrostem gęstości bulw a wybranymi właściwościami ziemniaka w okresie długotrwałego przechowywania.

Badaniami objęto:

- okres przechowywania – 8 miesięcy,
- 3 odmiany ziemniaków – Baszta, Irga, Salto,
- 2 frakcje wymiarowe bulw – 30-40, 50-60 [mm],

- ziemniaki nawożono 4 rodzajami nawozów – biohumus, nawozy mineralne, nawóz zielony, Pollina i kontrola (brak nawożenia).

W badaniach dokonano pomiarów następujących właściwości bulw ziemniaka: przyrost gęstości bulw, ubytki naturalne, skurcz przechowalniczy, ugięcie względne, naprężenia niszczące skórę.

Metodyka pracy

Badania polegały na pomiarze w okresie przechowywania, strat naturalnych, skurczu przechowalniczego, naprężeń normalnych powodujących destrukcję skórki, odkształceń względnych (w momencie przerwania skórki) oraz przyrostu gęstości bulw ziemniaka. Okres przechowywania wynosił osiem miesięcy, a pomiary przeprowadzano w odstępach jednomiesięcznych. Badania wykonano w okresie przechowalniczym 2003/04. Ziemniaki przechowywano w chłodni przy temperaturze 4-6°C, wilgotności względnej powietrza ok. 90%. Ziemniaki odmian Baszta, Irga i Salto pochodziły z upraw nawożonych tradycyjnie i systemem integrowanym. W obrębie każdej odmiany badano dwie frakcje wielkościowe 30-40 mm i 50-60 mm. Ziemniaki nawożono nawozami mineralnymi (NPK w dawce 90:90:135 kg/ha czystego składnika), nawozami zielonymi (mieszanka gorczycy z łubinem), biohumusem (mieszanka obornika bydlęcego i innych materiałów organicznych), nawozem Polli-Pam [Marks 2005; Sobol 2005b]. Próbę kontrolną stanowiły ziemniaki bez nawożenia.

Bulwy po zbiorze myto, selekcjonowano przyjmując do badań zdrowe i kształtne. Następnie określano stany początkowe badanych właściwości bulw. Bulwy oznaczono w celu ich późniejszej identyfikacji i przechowywano w pojedynczych warstwach na azurowym podłożu [Sobol 2005a].

W badaniach, w których określano masy, objętości i gęstości posługiwano się wagą laboratoryjną WPS 510/C/1 wyposażoną w zestaw do wyznaczania gęstości ciał stałych i cieczy. Pomiary prowadzono z dokładnością do 0,001 g.

Ubytki naturalne powodowane oddychaniem i transpiracją - określano zgodnie z metodyką przedstawioną w pracy Sobola [2005b]. W badaniach tych określano masy bulw tuż po zbiorze oraz masy bulw na poszczególnych etapach przechowywania.

Skurcz przechowalniczy oraz gęstość bulw wyznaczano dokonując pomiaru masy bulw w powietrzu i cieczy. Podczas badań monitorowano temperaturę wody by uwzględnić zmianę jej gęstości. Pomiary wykonywano tuż po zbiorze i na wszystkich etapach przechowywania [Sobol 2006c,d].

Do wyznaczania wartości sił wywołujących przebicie skórki bulw oraz odkształceń będących efektem działania tych sił posłużono się penetrometrem statycznym – sprężynowym. Wartość naprężeń normalnych powodujących przebicie skórki wyrażano poprzez odniesienie wartości sił przebicia do powierzchni poprzecznej trzpienia penetrometru. Obciążenie mechaniczne prowadzono w środkowej części bulwy, wzdłuż kierunku pomiaru jej grubości. Dla wyznaczenia odkształceń względnych dokonywano pomiaru wartości odkształceń bezwzględnych i grubości bulw w miejscu występowania obciążenia. Szczegółową metodykę zawarto w pracach Sobola [2003, 2006a,b].

Przyrost gęstości bulw ziemniaka wyliczano według wzoru 1.

$$\Delta\rho = \frac{\rho_i - \rho_o}{\rho_o} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie:

- $\Delta\rho$ – przyrost gęstości bulw [%],
- ρ_i – gęstość bulw po i-tym okresie przechowywania [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_o – gęstość bulw po zbiorze [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$].

Dla określenia jakościowego wpływu okresu przechowywania, odmiany, frakcji wymiarowej bulw oraz zastosowanego nawożenia na przyrost gęstości bulw ziemniaka wykonano analizę wariancji w klasyfikacji wielokrotnej oraz przeprowadzono testy Duncana.

Aby określić relacje pomiędzy przyrostem gęstości bulw a wybranymi właściwościami, takimi jak: ubytki naturalne, skurcz przechowalniczy, ugięcie względne, naprężenia niszczące skórkę posłużono się metodą regresji wielorakiej.

W analizach przyjęto poziom istotności równy 0,05.

Wyniki badań

Długotrwałe przechowywanie bulw ziemniaka powoduje występowanie strat naturalnych. Straty te w głównej mierze powstają na skutek transpiracji [Sowa-Niedziałkowska 2000; Chourasia 2004; Zgórska i in. 2006]. Transpiracja wody z bulw przebiega poprzez skórkę a w końcowym etapie przechowywania również przez kielki (bardzo intensywnie). To powoduje pogorszenie jakości bulw, głównie poprzez utratę jędrności [Cobb i in. 2000]. Nadmierny spadek jędrności bulw może być przyczyną: zwiększenia strat podczas obierania (zwłaszcza mechanicznego), istotnych zmian kształtów i wymiarów podczas krojenia na chipsy i frytki. Większe wydzielanie wody do otoczenia poprzez skórkę i kielki powoduje zwiększenie stężenia składników suchej masy (wzrost gęstości) nawet o 16%, a to zdaniem niektórych badaczy może powodować zmianę typu kulinarnego [Mozolewski 1999, 2000; Zgórska i in. 2006]. Wzrost gęstości bulw ziemniaka przeznaczonych na produkty smażone może powodować pogorszenie jakości wyrobów. Chipsy produkowane z bulw o zbyt dużej gęstości mogą mieć zbyt twardą konsystencję a frytki nie mają odpowiedniego smaku i zapachu charakterystycznego dla produktów smażonych. Wady wyrobów smażonych (z bulw nadmiernej gęstości) wynikają ze zbyt małej ilości sorbowanego oleju w trakcie smażenia [Lisińska 1994, 2006]. Wynikiem transpiracji wody z bulw jest skurcz przechowalniczy, który w końcowych okresach przechowywania objawia się wyraźną utratą jędrności bulw, aż do marszczenia skórki włącznie [Sobol 2006c]. O jakości bulw konsumpcyjnych i przeznaczonych na wyroby spożywcze decydują między innymi uszkodzenia mechaniczne, które powstają w wielu operacjach od zbioru do wytworzenia gotowych produktów. Uszkodzenia mechaniczne można opisać relacjami pomiędzy naprężeniami a odkształceniami bulw wywołanymi przez działające obciążenia. Literatura przedmiotu szeroko opisuje zagadnienia powstawania mechanicznych uszkodzeń bulw w trakcie zbioru i obróbki pozbiorowej [Marks i in. 1993, 1996, 1997, 2001], natomiast niewiele jest prac wyjaśniających zmiany mechanicznej wytrzymałości bulw w trakcie długotrwałego przechowywania [Sobol 2006b]. Określenie relacji pomiędzy zmieniającymi

się właściwościami bulw ziemniak w trakcie ich przechowywania może poszerzać wiedzę oraz zostać wykorzystane w praktyce do optymalizowania warunków przechowywania.

Przeprowadzona analiza wariancji w klasyfikacji wielokrotnej (tab. 1) wskazuje na istotne statystycznie zróżnicowanie przyrostu gęstości bulw przez takie czynniki główne jak: okres przechowywania (najsilniejsze oddziaływanie), odmiana i zastosowane nawożenie (wpływ najsłabszy). Test Duncana (tab. 2) podzielił pod względem przyrostu gęstości badane odmiany na 2 grupy homogeniczne (1 – ‘Baszta’; 2 – ‘Irga’ oraz ‘Salto’). Dla zmiennej nawożenie wyznaczone zostały również 2 grupy (1 – kontrola, nawozy zielone, biohumus, Pollina; 2 – bihumus, Pollina oraz nawozy mineralne).

Tabela 1. Wyniki analizy wariancji w klasyfikacji wielokrotnej. Wpływ okresu przechowywania, odmiany, frakcji wymiarowej, nawożenia na kształtowanie się przyrostu gęstości bulw
Table 1. The results of variance analysis in multiple classification. The effect of storage period, variety, dimensional fraction, and fertilisation on tuber density growth progress

Wyszczególnienie	Stopnie swobody	Średni kwadrat	Test F	Uzyskany poziom p	Zależność
{1} Okres przechowywania	7	12,19	129,43	0,0000	Istotna
{2} Odmiana	2	1,85	19,68	0,0000	Istotna
{3} Frakcja	1	0,00	0,01	0,9162	Nieistotna
{4} Nawożenie	4	0,30	3,14	0,0141	Istotna
Okres przechowywania * Odmiana	14	0,36	3,85	0,0000	Istotna
Okres przechowywania * Frakcja	7	0,22	2,34	0,0224	Istotna
Odmiana * Frakcja	2	0,25	2,67	0,0694	Nieistotna
Okres przechowywania * Nawożenie	28	0,12	1,31	0,1322	Nieistotna
Odmiana * Nawożenie	8	0,73	7,72	0,0000	Istotna
Frakcja * Nawożenie	4	0,22	2,38	0,0498	Istotna
Okres przechowywania * Odmiana * Frakcja	14	0,09	0,94	0,5194	Nieistotna
Okres przechowywania * Odmiana * Nawożenie	56	0,14	1,50	0,0117	Istotna
Okres przechowywania * Frakcja * Nawożenie	28	0,10	1,09	0,3425	Nieistotna
Odmiana * Frakcja * Nawożenie	8	0,19	2,03	0,0404	Istotna
{1} * {2} * {3} * {4}	56	0,15	1,64	0,0027	Istotna

Źródło: obliczenia własne

Relacje pomiędzy przyrostem...

Tabela 2. Wyniki testu Duncana. Grupy homogeniczne dla zmiennych: odmiana, nawożenie
Table 2. Duncan's test results. Homogeneous groups for the variables: variety, fertilisation

Zmienna		Przyrost gęstości [%]		
		Średnia	1	2
Odmiana	Baszta	0,4835		****
	Irga	0,5942	****	
	Salto	0,6074	****	
Nawożenie	Kontrola	0,5256	****	
	Naw. zielony	0,5297	****	
	Biohumus	0,5633	****	****
	Pollina	0,5811	****	****
	Naw. mineralne	0,6088		****

Źródło: obliczenia własne

Zależności przyrostu gęstości bulw od przyjętych zmiennych: ubytków naturalnych (x_1), skurczu przechowalniczego (x_2), ugięcia względnego (x_3), naprężeń niszczących skórkę (x_4) wyznaczono metodą regresji wielorakiej (tab. 3). Dla wyznaczenia modeli uogólnionych prowadzono analizy dla całego zbioru zgromadzonych danych (1200 przypadków). W grupie:

- z jedną zmienną objaśniającą najwyższy udział wariancji wyjaśnionej ($R^2=76,58\%$) uzyskano dla modelu ze zmienną skurcz przechowalniczy (x_2),
- z dwoma zmiennymi najlepsze odwzorowanie zmian przyrostu gęstości ($R^2=83,41\%$) zanotowano dla zmiennych: ubytki naturalne (x_1) i skurcz przechowalniczy (x_2),
- z trzema zmiennymi objaśniającymi najwyższy udział wariancji wyjaśnionej ($R^2=83,72\%$) uzyskano po wprowadzeniu do modelu zmiennych: ubytki naturalne (x_1), skurcz przechowalniczy (x_2) i ugięcie względne (x_3),
- z czterema zmiennymi uzyskano zgodność modelu z danymi doświadczalnymi na poziomie 84,04%.

Dla modeli szczegółowych – w obrębie wyznaczonych grup jednorodnych – prowadzono estymację z wykorzystaniem czterech zmiennych objaśniających. Uzyskano wysoki udział wariancji wyjaśnionej, który zawierał się w przedziale od 81,67% do 84,49%.

Spośród 19 analizowanych modeli tylko w 3 przypadkach uzyskano mniejszy niż 50% udział wariancji wyjaśnionej.

Z wyznaczonych modeli największą wartość użyteczną mogą mieć modele z jedną zmienną objaśniającą: ubytki naturalne (x_1) lub skurcz przechowalniczy (x_2). Wyjaśniają one w zadawalający sposób zmienność przyrostu gęstości (R^2 wynosi odpowiednio 73,84% i 76,58%). Zwłaszcza wykorzystanie zmiennej ubytki naturalne (x_1) do predykcji przyrostu gęstości może znaleźć zastosowanie ze względu na łatwość przeprowadzenia pomiaru.

Tabela 3. Wyniki estymacji parametrów modelu
 Table 3. The results of model parameters estimation

L.p.	Wyszczególnienie	Liczba uwzględnionych zmiennych niezależnych	$y=a+b*x_1+c*x_2+d*x_3+e*x_4$					Udział wariacji wyjaśnionej R^2 [%]
			a	b	c	d	e	
1	Modele uogólnione	1	-0,0598	0,0679	—	—	—	73,84
2		1	-0,0699	—	0,0657	—	—	76,58
3		1	0,1218	—	—	0,0372	—	14,20
4		1	-0,6221	—	—	—	0,4780	12,07
5		2	-0,0572	-0,3736	0,4200	—	—	83,41
6		2	nieistotny statystycznie	0,0718	—	-0,0093	—	74,48
7		2	-0,3444	0,0657	—	—	0,1230	74,56
8		2	nieistotny statystycznie	—	0,0695	-0,0098	—	77,30
9		2	-0,3232	—	0,0638	—	0,1096	77,15
10		2	-0,7965	—	—	0,0320	0,3958	22,18
11		3	nieistotny statystycznie	-0,3645	0,4139	-0,0064	—	83,72
12		3	-0,2410	-0,3672	0,4127	—	0,0794	83,71
13		3	-0,2505	—	0,0677	-0,0100	0,1131	77,90
14		3	-0,2757	0,0696	—	-0,0096	0,1265	75,24
15		4	-0,1947	-0,3576	0,4060	-0,0067	0,0825	84,04
16	Model 'Baszta'	4	-0,2999	-0,3744	0,4242	-0,0052	0,1165	81,67
17	Model 'Irga' i 'Salto'	4	-0,1868	-0,3502	0,3987	-0,0070	0,0801	84,49
18	Model nawożenie grupa 1	4	-0,2128	-0,3689	0,4171	-0,0050	0,0811	83,63
19	Model nawożenie grupa 2	4	-0,2211	-0,3643	0,4123	-0,0098	0,1089	83,67

Źródło: obliczenia własne

— zmienna nie uwzględniana w modelu

Wnioski

1. Stwierdzono istotne statystycznie wpływ okresu przechowywania, odmian i nawożenia na przyrost gęstości bulw.
2. Opracowane modele uogólnione wyjaśniają zmienność przyrostu gęstości w zakresie od 12,07% do 84,04%.
3. Opracowane modele szczegółowe wyjaśniają zmienność przyrostu gęstości w zakresie od 81,67% do 84,49%.

Bibliografia

- Chourasia M.K., Saha R., De A., Sahoo P.K.** 2004. Evaluation of storage losses in a commercial potato cold storage. *Journal of Food Science and Technology* 41. pp. 507-510.
- Copp L.J., Blenkinsop R. W., Yaada R.Y., Marangoni A.G.** 2000. The relationship between respiration and chips colour during long term storage of potato tubers. *Amer. J. of Potato Res.* s. 279-287.
- Lisińska G.** 1994. Ziemniak jako surowiec dla przemysłu. Wymagania w stosunku do surowca. *Post. Nauk Roln.*, 1. s. 32-40.
- Lisińska G.** 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 511 część I. s. 81-94.
- Marks N.** 2005. Możliwość zastosowania integrowanej metody uprawy ziemniaków. *Ziemniak Polski* 2. s. 17-20.
- Marks N., Baran P., Baran D., Krzysztofik B., Sobol Z.** 1997. Wpływ nowej techniki nawożenia na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw oraz jakość zbieranego plonu ziemniaków. *Inżynieria Rolnicza* 1. s. 77-83.
- Marks N., Krzysztofik B., Sobol Z., Baran D.** 2001. Ocena zlokalizowanego nawożenia organicznego i zagonowej techniki uprawy ziemniaka. PAU, *Prace Komisji Nauk Rolniczych* 2. s. 107-115.
- Marks N., Krzysztofik B., Sobol Z., Baran P., Baran D.** 1996. Wpływ warunków klimatycznych i składu chemicznego bulw ziemniaka na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw podczas zbioru. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 444. s. 239-246.
- Marks N., Sobol Z., Baran P.** 1993. Określenie zależności pomiędzy wielkością bulwy ziemniaka a jej odpornością na mechaniczne uszkodzenia w warunkach badań laboratoryjnych. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie* 284. s. 111-119.
- Mozolewski W.** 1999. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. *Ziemniak jadalny dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość.* IHAR, Konferencja Naukowa Radzików 23-25 lutego. s. 89-91.
- Mozolewski W.** 2000. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Cz. I. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków na przydatność do wyrobu chipsów. *Biuletyn IHiAR*, 213. s. 261-266.
- Sobol Z.** 2003. Wpływ wybranych czynników na niektóre właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica* 83. s. 163-176.
- Sobol Z.** 2005a. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz.1. Straty spowodowane kiełkowaniem. *Inżynieria Rolnicza* 10(70). s. 341-348.
- Sobol Z.** 2005b. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz.2 Ubytki naturalne. *Inżynieria Rolnicza* 10(70). s. 349-357.
- Sobol Z.** 2006a. Wpływ integrowanego nawożenia na wybrane właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 508. s. 159-166.

- Sobol Z.** 2006b. Wpływ wybranych czynników na wartość odkształceń względnych i naprężeń niszczących bulwy ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 511 część II. s. 397-404.
- Sobol Z.** 2006c. Określenie „skurczu przechowalniczego” bulw ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 511 część II. s. 539-546.
- Sobol Z.** 2006d. Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. Acta Agrophysica, 139, Vol. 8(1). s. 219-228.
- Sowa-Niedzialkowska G.** 2000. Wpływ warunków wzrostu roślin i magazynowania bulw odmian jadalnych ziemniaka na ich trwałość przechowalniczą. Biuletyn IHAR 213. s. 225-232.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M.** 2006. Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 511 część II. s. 567-578.

RELATIONS BETWEEN TUBER DENSITY GROWTH AND SELECTED POTATO PROPERTIES DURING STORAGE

Abstract. The paper contains results of the search for relations between density growth and selected properties of potato tubers during their 8-month storage. The properties chosen to characterise density growth changes included: natural losses, storage shrinkage, relative deflection and stresses damaging the peel. Developed models explain examined relation within range from 12.07% to 84.49%. The tests have been carried out for 3 potato varieties, 2 dimensional fractions and 4 fertilisation types.

Key words: potato, storage, density growth, natural losses, shrinkage, stresses, deflection

Adres do korespondencji:

Zygmunt Sobol; e-mail: zsobol@ar.krakow.pl
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Akademia Rolnicza w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków