

ZMIANY GĘSTOŚCI BULW ZIEMNIAKA POWODOWANE TRANSPIRACJĄ I ABSORPCJĄ WODY W OKRESIE PRZECHOWYWANIA

Zygmunt Sobol

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. W pracy wykonano ocenę dynamiki zmian przyrostu gęstości bulw ziemniaka na skutek transpiracji i ubytku gęstości będącego wynikiem absorpcji wody, w zależności od czasu przechowywania. Do badań przyjęto bulwy dwóch odmian (Aster, Ibis), frakcji wielkościowych 40-50 mm i 50-60 mm. Bulwy do badań przechowywano w chłodni w temperaturze 4-6°C i wilgotności względnej powietrza ok. 90%. Okres przechowywania wynosił osiem miesięcy a pomiary wykonywano co jeden miesiąc. Na zmiany przyrostu gęstości bulw statystycznie istotny wpływ miały: czas przechowywania, odmiana, frakcja wielkościowa i rodzaj nawozu. Ubytki gęstości zależały od czasu absorpcji wody oraz od czynników, które istotnie modyfikowały przyrost gęstości. Największym przyrostom i ubytkom gęstości ulegały bulwy odmiany Aster, frakcji wymiarowej mniejszej. Zmiany przyrostu gęstości w zależności od czasu przechowywania wyrażono wielomianami drugiego a ubytków gęstości wielomianami czwartego stopnia, dla których udział wariancji wyjaśnionych zawierał się w przedziale od 0,292 do 0,902.

Słowa kluczowe: bulwa ziemniaka, transpiracja, absorpcja, gęstość, przechowywanie

Wykaz oznaczeń

- m_p – masa bulwy w powietrzu [g],
- m_c – masa bulwy w cieczy [g],
- ρ_c – gęstość cieczy z uwzględnieniem jej temperatury [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_b – gęstość bulwy [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- $\Delta\rho_u$ – ubytek gęstości bulwy [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_i – gęstość bulwy obranej po i-tym czasie absorpcji [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_o – gęstość bulwy obranej przed absorpcją [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- $\Delta\rho_p$ – przyrost gęstości bulwy [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_j – gęstość bulwy po j-tym okresie przechowywania [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
- ρ_p – gęstość bulwy w stanie początkowym (po zbiorze) [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$].

Wstęp

Pogorszenie jakości bulw w trakcie ich przechowywania, stanowiących surowiec dla przemysłu przetwórczego ziemniaka (szczególnie na wyroby smażone), jest ciągle problemem otwartym. Pogorszenie jakości bulw wynika głównie z warunków przechowywania. Parametrem determinującym warunki przechowywania jest temperatura. Zastosowanie niskich temperatur przechowywania (około 4°C) bulw ziemniaka powoduje wprawdzie ograniczenie procesów oddychania, transpiracji i kiełkowania, natomiast istotnie wpływa na nadmierną kumulację cukrów redukujących, która jest wynikiem rozkładu skrobi [Putz 2004; Zgórska, Czerko 2006a,b; Zgórska i in. 2006; Zgórska, Frydecka-Mazurczyk 2002; Zimnoch-Guzowska, Flis 2006]. Bulwy ziemniaka przeznaczone do przetwórstwa nie powinny zawierać więcej niż 0,15-0,5% cukrów redukujących w zależności od kierunku użytkowania [Putz 1997; Lisińska 2006]. Nadmierna zawartość cukrów redukujących (przy produkcji: frytek 0,3%, chipsów 0,15%) powoduje przebarwienia tych produktów jako wynik reakcji Maillarda [Lisińska 2006]. W miejscach przebarwień powstają akrylamidy – sklasyfikowane jako substancje rakotwórcze [Zimnoch-Guzowska, Flis 2006]. Stosowanie wyższych temperatur przechowywania 8-12°C ogranicza akumulację cukrów redukujących, lecz nadmierna transpiracja wody w tych warunkach przechowywania prowadzi do zmniejszenia jędrności bulw, a przede wszystkim powoduje istotny wzrost gęstości (zawartości suchej masy) [Sobol 2006a; Zgórska i in. 2006]. Stosowanie do przerobu na chipsy i frytki bulw o nadmiernej gęstości prowadzi (w końcowym etapie przechowywania) do istotnych zmian jakościowych tych wyrobów. Chipsy stają się zbyt twarde i posiadają ziarnistą strukturę, natomiast konsystencja powierzchni frytek pozostaje zbyt twarda a wewnątrz sprawia wrażenie surowego, tracąc przy tym charakterystyczny smak i zapach dla produktów smażonych [Lisińska 2006; Rytel i in. 2006]. Obecnie, ziemniaki na produkty smażone są częściej przechowywane w temperaturach 6-12°C – w zależności od odmian – przede wszystkim z powodu akumulacji monosacharydów, które są głównym parametrem określającym przydatność bulw na chipsy i frytki [Zgórska, Czerko 2006b]. Alternatywna metoda przechowywania ograniczająca ubytki naturalne polega na stosowaniu niższych temperatur przechowywania (około 4°C) i w końcowym etapie rekondycjonowania bulw w temperaturze 10-20°C, podczas którego następuje konwersja cukrów w skrobię [Zimnoch-Guzowska, Flis 2006]. Metoda ta jest znana i stosowana od wielu lat, a badania nad jej skutkami wskazują, że jej efektywność zależy od temperatury, odmiany i terminu wykonywania zabiegu. Ponadto wielu badaczy podkreśla, że nie zawsze stosując rekondycjonowanie uzyskuje się obniżenie zawartości sacharydów do odpowiedniego poziomu [MacKay i in. 1990; Maag, Reust 1992; Zgórska, Czerko 2006a].

Cel pracy

Celem pracy było określenie zmian gęstości bulw ziemniaka powodowanych transpiracją i absorpcją wody w okresie przechowywania.

Metodyka badań

Do badań przyjęto bulwy frakcji wielkościowych 40-50 mm i 50-60 mm, dwóch odmian Aster i Ibis. Ziemiaki uprawiano na glebie biellicowej (piasek gliniasty lekki), nawożono nawozem zielonym (łubin wąskolistny + gorczyca – 45 t·ha⁻¹ zielonej masy, przyorany jesienią), nawozem zielonym i uzupełniono kompostem w dawce 30 t·ha⁻¹ oraz nawozem zielonym i uzupełniono nawozami mineralnymi w dawce 90:90:135 kg·ha⁻¹ NPK czystego składnika. Ziemiaki były przechowywane w chłodni w temperaturze 4-6°C i wilgotności względnej powietrza ok. 90% przez okres ośmiu miesięcy, zgodnie z metodyką przedstawioną przez autora [Sobol 2005]. Badania przeprowadzono w okresie przechowalniczym 2005/06. Pomiar gęstości wykonywano co jeden miesiąc, określając zmiany wynikające z procesów fizycznych i fizjologicznych bulw podczas przechowywania oraz procesu absorpcji wody [Sobol 2006a,b]. Gęstość bulw ziemniaka określano według metodyki przedstawionej przez autora [Sobol 2006a] i wyliczano wg wzoru 1. Przyrost gęstości bulw wynikający z transpiracji i oddychania wyliczano wg wzoru 2, a ubytek gęstości powodowany absorpcją wody wyliczano wg wzoru 3.

$$\rho_b = \frac{m_p}{m_p - m_c} \cdot \rho_c \left[g \cdot cm^{-3} \right] \quad (1)$$

$$\Delta\rho_p = \rho_j - \rho_p \left[g \cdot cm^{-3} \right] \quad (2)$$

$$\Delta\rho_u = |\rho_i - \rho_o| \left[g \cdot cm^{-3} \right] \quad (3)$$

Zmiany przyrostu i ubytku gęstości bulw wyrażono modelami nieliniowymi w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej.

Wyniki badań

Dotychczasowe badania nad jakością bulw przechowywanych i przeznaczonych do przerobu na produkty spożywcze i do bezpośredniej konsumpcji koncentrują się głównie nad takim dopasowaniem warunków przechowywania, które istotnie ograniczą straty naturalne. Oprócz odpowiedniego doboru odmian, przydatnych do przetwórstwa i konsumpcji, które charakteryzują się niskimi stratami podczas przechowywania, najczęściej stosuje się przechowywanie bulw w niskich temperaturach (ok. 4°C) a następnie poddaje się je procesowi rekondycjonowania [Lisińska 2006; Zgórska, Czerko 2006a; Zgórska i in. 2006]. Niedoskonałość tego procesu wymusza konieczność poszukiwania alternatywnych, uzupełniających metod, które pozwalałyby poprawić obniżoną jakość bulw na skutek nadmiernej transpiracji wody. Możliwość oddziaływania na stan bulw po długotrwałym przechowywaniu przedstawia autor, określając dynamikę zmian gęstości w wyniku absorpcji

wody [Sobol 2006b]. Z badań tych wynika, że obrane bulwy ziemniaka w końcowym etapie przechowywania mogą w czasie 2-3,5 h zaabsorbować tyle wody, że spowoduje to ubytek ich gęstości porównywalny z przyrostem gęstości powodowanym transpiracją w całym okresie przechowywania. Przedstawione wyniki badań, dotyczące zmian gęstości bulw będących skutkiem transpiracji i sorpcji wody w ośmiomiesięcznym okresie przechowywania wskazują na istotny wpływ okresów przechowywania na badaną właściwość. Gęstość bulw ziemniaka w ośmiomiesięcznym okresie przechowywania - skutek transpiracji - systematycznie wzrastała (rys. 1, 2), a dynamikę zmian tych przyrostów opisano równaniami wielomianów drugiego stopnia (tab. 1). W przypadku trzech kombinacji doświadczenia uzyskano niezadowalające dopasowanie modelu do wartości rzeczywistych (udział wariancji wyjaśnionej <0,5). W pozostałych modelach udział wariancji wyjaśnionej kształtował się w przedziale od 0,518 do 0,880.

Tabela 1. Parametry modelu opisującego zmiany przyrostu gęstości bulw ziemniaka w zależności od czasu przechowywania

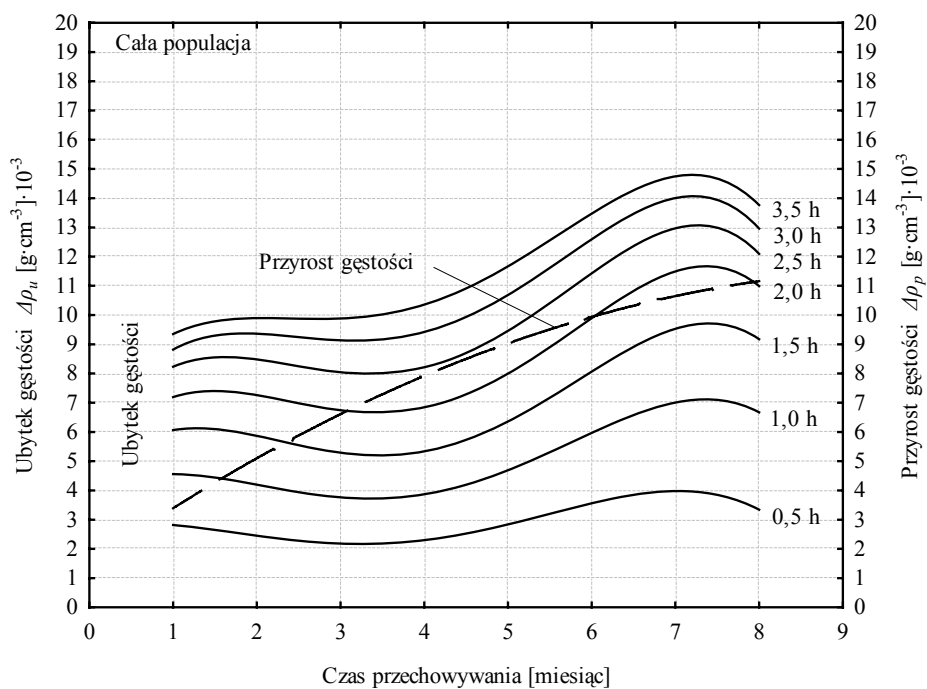
Table 1. Parameters of the model describing potato density increase changes depending on storage time

Funkcja estymowana $y = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3$					
Wyszczególnienie		Parametry funkcji			Udział wariancji wyjaśnionej
		a_1	a_2	a_3	
Cała populacja		-0,1000	2,0104	1,4793	0,599
Aster, nawóz zielony	40-50mm	-0,0616	1,7737	1,2398	0,593
Aster, nawóz zielony i kompost		-0,1112	2,1979	0,7059	0,800
Aster, nawóz zielony i mineralne		-0,0136	1,3845	1,9361	0,742
Aster, nawóz zielony	50-60mm	-0,1049	2,1426	1,1328	0,872
Aster, nawóz zielony i kompost		-0,0642	1,8067	1,4794	0,765
Aster, nawóz zielony i mineralne		-0,1208	2,8638	-1,3449	0,880
Ibis, nawóz zielony	40-50mm	0,0282	0,3671	6,0533	0,323
Ibis, nawóz zielony i kompost		-0,1439	2,0645	2,5838	0,419
Ibis, nawóz zielony i mineralne		-0,0643	1,8960	0,9361	0,649
Ibis, nawóz zielony	50-60mm	-0,2242	2,7873	0,8189	0,616
Ibis, nawóz zielony i kompost		-0,1556	2,2152	1,7228	0,518
Ibis, nawóz zielony i mineralne		-0,1546	2,5754	0,3749	0,477

Źródło: obliczenia własne autora

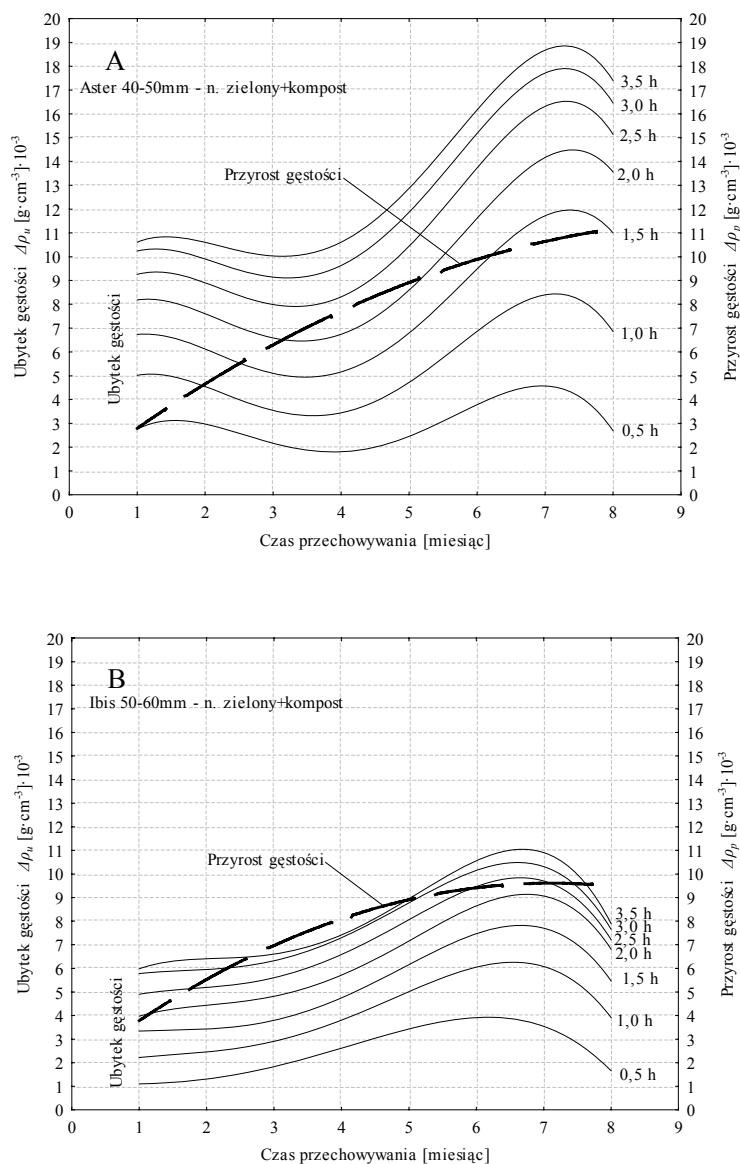
Średni przyrost gęstości po pierwszym miesiącu przechowywania wyniósł ok. $3 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ a po ośmiu miesiącach przechowywania ok. $11 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (rys. 1). Wyniki badań uzyskane przez autora, dotyczące przyrostu gęstości bulw powodowanego przez transpirację wody, są wysoce zbieżne z wynikami badań przedstawionych przez Zgórską i in. [2006], które wskazują, że przyrost suchej masy po siedmiomiesięcznym okresie prze-

chowywania w temperaturze ok. 8°C wynosił w zależności od odmian od 4,2% do 16,1%. Autorzy tych badań sugerują również, że na skutek znacznego obniżenia zawartości wody w bulwach może dojść do zmiany ich typu kulinarnego. Zdolność sorpcyjna obranych bulw ziemniaka, skutkiem czego powstają ubytki gęstości, zależy w dużej mierze od procesów biochemicznych występujących w poszczególnych fazach przechowywania. Najmniejsze ubytki gęstości związane z absorpcją wody wystąpiły w fazie głębokiego spoczynku bulw tj. od drugiego do czwartego miesiąca przechowywania (rys. 1, 2). Od czwartego do siódmego miesiąca przechowywania ubytki gęstości systematycznie przyrastały a to mogło być powodowane gotowością do kiełkowania i kiełkowaniem bulw, czyli wzmożeniem w nich przemian biochemicznych. Ponadto zwiększająca się zdolność bulw do sorpcji wody w tym okresie (przyrost ubytków gęstości) wynikać może ze zwiększającego się w nich deficytu wody będącego następstwem intensywnej transpiracji. W ostatnim miesiącu przechowywania zauważalny jest niewielki spadek ubytków gęstości a to można wiązać z początkiem intensyfikacji procesu starzenia się bulw i istotnych zmian zachodzących w obrębie ścian komórkowych (rys. 1, 2).



Rys 1. Zależność przyrostu gęstości (powodowanego transpiracją) i ubytku gęstości (wynikającego z absorpcji wody) od czasu przechowywania bulw ziemniaka

Fig. 1. Dependence of density increase (caused by transpiration) and density decrease (resulting from absorption of water) on time of potato bulb storage



Rys 2. Zależność przyrostu gęstości (powodowanego transpiracją) i ubytku gęstości (wynikającego z absorpcji wody) od czasu przechowywania bulw ziemniaka dla kombinacji o największej dynamice zmian – A oraz najmniejszej dynamice zmian – B

Fig. 2. Dependence of density increase (caused by transpiration) and density decrease (resulting from absorption of water) on time of potato bulb storage for combinations showing highest dynamics of changes (A) and lowest dynamics of changes (B)

Zmiany gęstości bulw...

Przebiegi zamian ubytków gęstości w całym okresie przechowywania wyrażono za pomocą wielomianów czwartego stopnia dla których udział wariancji wyjaśnionej wyniósł od 0,323 do 0,902 (tab. 2). W tej części doświadczenia tylko dla dwóch kombinacji wartość wariancji wyjaśnionej była mniejsza od 0,5. Analiza przebiegu zmian przyrostu i ubytku gęstości w okresie przechowywania wskazuje na to, że aby spowodować zmniejszenie gęstości bulw do stanu początkowego (po zbiorze) należy w pierwszej fazie przechowywania prowadzić proces sorpcji wody w czasie od 0,5 h do 1,5 h. Najdłuższy czas sorpcji na zbilansowanie przyrostu gęstości należy zastosować w fazie głębokiego spoczynku bulw (ok. 2-3,5 h).

Tabela 2. Parametry modelu opisującego zmiany ubytku gęstości bulw ziemniaka w zależności od czasu przechowywania dla absorpcji w okresie do 2h

Table 2. Parameters of the model describing potato density decrease changes depending on storage time obtained for absorption within a period of up to 2 hours

Funkcja estymowana $y = a_1 \cdot x^4 + a_2 \cdot x^3 + a_3 \cdot x^2 + a_4 \cdot x + a_5$								
Wyszczególnienie	Czas absorpcji [h]	Parametry funkcji					Udział wariancji wyjaśnionej	
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5		
Cała populacja	0,5	-0,0109	0,1575	-0,6240	0,5651	2,7309	0,292	
	1,0	-0,0182	0,2843	-1,2879	1,7862	3,7937	0,467	
	1,5	-0,0268	0,4349	-2,1285	3,5477	4,2362	0,482	
	2,0	-0,0312	0,5103	-2,5749	4,6908	4,5953	0,432	
Aster nawóz zielony	40-50mm	0,5	-0,0080	0,0957	-0,1297	-1,0712	4,7155	0,323
		1,0	-0,0123	0,1630	-0,3451	-1,2330	7,3978	0,564
		1,5	-0,0178	0,2566	-0,8099	-0,4009	8,6367	0,618
		2,0	-0,0139	0,2249	-0,7855	-0,1111	9,9263	0,673
Aster nawóz zielony i kompost	40-50mm	0,5	-0,0374	0,6176	-3,2820	6,2988	-0,8406	0,734
		1,0	-0,0407	0,6476	-3,1382	5,0232	2,5249	0,831
		1,5	-0,0416	0,6628	-3,1390	4,7834	4,4712	0,902
		2,0	-0,0449	0,7173	-3,4026	5,2849	5,6268	0,889
Aster nawóz zielony i mineralne	40-50mm	0,5	-0,0306	0,4982	-2,5071	4,1019	1,2231	0,659
		1,0	-0,0399	0,6609	-3,3503	5,5087	2,6595	0,756
		1,5	-0,0468	0,7820	-3,9893	6,5972	4,3605	0,732
		2,0	-0,0516	0,8814	-4,6912	8,6512	4,0822	0,687
Aster nawóz zielony	50-60mm	0,5	-0,0127	0,1674	-0,5252	-0,1711	3,6268	0,475
		1,0	-0,0168	0,2216	-0,5993	-0,9577	6,8872	0,586
		1,5	-0,0309	0,4647	-1,9691	2,0926	5,8961	0,641
		2,0	-0,0445	0,7084	-3,4304	5,5497	4,6324	0,645
Aster nawóz zielony i kompost	50-60mm	0,5	-0,0268	0,4312	-2,1723	3,6769	1,1321	0,767
		1,0	-0,0176	0,2424	-0,7739	-0,3036	5,8557	0,840
		1,5	-0,0147	0,1654	-0,0962	-2,3420	8,9662	0,845
		2,0	-0,0156	0,1667	0,0074	-2,7002	10,2707	0,823
Aster nawóz zielony i mineralne	50-60mm	0,5	-0,0418	0,6878	-3,5745	6,4665	-0,8893	0,807
		1,0	-0,0535	0,8859	-4,5847	8,1203	0,2139	0,853
		1,5	-0,0675	1,1322	-5,9595	10,9783	-0,0804	0,877
		2,0	-0,0737	1,2384	-6,5493	12,3313	0,2812	0,879

Funkcja estymowana $y = a_1 \cdot x^4 + a_2 \cdot x^3 + a_3 \cdot x^2 + a_4 \cdot x + a_5$							
Wyszczególnienie	Czas absorpcji [h]	Parametry funkcji					Udział wariacji wyjaśnionej
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
Ibis nawóz zielony	0,5	-0,0094	0,1479	-0,6423	0,7360	1,7144	0,722
	1,0	-0,0130	0,2005	-0,7963	0,6558	3,5553	0,757
	1,5	-0,0148	0,2260	-0,8879	0,7454	4,8363	0,715
	2,0	-0,0128	0,1849	-0,5754	-0,1215	6,5999	0,690
Ibis nawóz zielony i kompost	0,5	-0,0061	0,0743	-0,2224	0,3843	1,3372	0,674
	1,0	-0,0291	0,4673	-2,4130	5,0593	-0,3619	0,674
	1,5	-0,0400	0,6557	-3,4586	7,2255	-0,3546	0,746
	2,0	-0,0513	0,8495	-4,5644	9,7148	-0,9622	0,739
Ibis nawóz zielony i mineralne	0,5	-0,0126	0,2031	-0,9764	1,7357	1,0999	0,721
	1,0	-0,0364	0,6315	-3,5150	7,5763	-1,2122	0,747
	1,5	-0,0607	1,0794	-6,2444	13,9509	-4,0910	0,752
	2,0	-0,0732	1,3139	-7,7385	17,7563	-5,5844	0,731
Ibis nawóz zielony	0,5	-0,0109	0,1775	-0,8518	1,4264	0,9175	0,521
	1,0	-0,0319	0,5530	-3,0814	6,5255	-1,0764	0,649
	1,5	-0,0406	0,7005	-3,9019	8,2919	-1,0930	0,724
	2,0	-0,0439	0,7569	-4,2170	9,0389	-0,6708	0,725
Ibis nawóz zielony i kompost	0,5	-0,0062	0,0508	0,0131	-0,0995	1,1476	0,793
	1,0	-0,0147	0,1847	-0,6294	1,0474	1,6379	0,741
	1,5	-0,0177	0,2273	-0,7798	1,1023	2,8086	0,697
	2,0	-0,0233	0,3332	-1,4587	2,8597	2,2590	0,647
Ibis nawóz zielony i mineralne	0,5	-0,0107	0,1476	-0,5451	0,3989	2,3188	0,534
	1,0	-0,0385	0,6363	-3,3886	6,7415	-0,3154	0,572
	1,5	-0,0622	1,0630	-5,9426	12,5382	-2,8001	0,580
	2,0	-0,1031	1,8254	-10,7470	24,1079	-9,2657	0,519

Źródło: obliczenia własne autora

W końcowym etapie przechowywania czas sorpcji wody potrzebny na zrównoważenie przyrostu gęstości powinien wynieść ok. 1,5-3 h. Z przeprowadzonej analizy wariacji w klasyfikacji wielokrotnej wynika, że oprócz okresu przechowywania, na wartość ubytków gęstości statystycznie istotny wpływ miały: czas absorpcji wody, odmiana ziemniaka, frakcja wielkościowa bulw i stosowane nawożenie. Analiza wariacji w klasyfikacji wielokrotnej wykazała również, że na wartość przyrostu gęstości w okresie przechowywania statystycznie istotny wpływ miały wszystkie przyjęte czynniki w doświadczeniu tj.: czas przechowywania, odmiana ziemniaka, frakcje wielkościowe bulw i stosowane nawożenie. Wśród odmian większą dynamiką zmian zarówno przyrostu jak i ubytku gęstości charakteryzowała się odmiana Aster. Z badanych frakcji wielkościowych wynika że, mniejsze bulwy ulegały większym przyrostom i ubytkom gęstości. Zastosowane nawozy stanowiły czynnik istotnie, wpływający na zmianę gęstości bulw.

Wnioski

1. Na przyrost gęstości bulw ziemniaka powodowany transpiracją statystycznie istotny wpływ ma czas przechowywania, odmiana, frakcja wielkościowa bulw oraz stosowane nawożenie.
2. Ubytek gęstości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody zależy od czasu absorpcji, czasu przechowywania, odmiany, frakcji wielkościowej bulw oraz stosowanego nawożenia.
3. Największym przyrostom i ubytkom gęstości ulegają bulwy frakcji mniejszej, odmiany Aster.
4. Ubytki gęstości bulw zależą od faz fizjologicznych w okresie przechowywania a ich przebieg wyrazić można modelami wielomianów czwartego stopnia.
5. Przyrost gęstości bulw w okresie przechowywania wyrazić można modelami wielomianów drugiego stopnia.

Bibliografia

- Lisińska G.** 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. Z. 511 część I. s. 81-94.
- Maag W., Reust W.** 1992. Lagerung und rekonditionierung von Chipskartoffeln. Kartoffelbau 10. s. 443-448.
- Mackay G.R., Brown J., Torrence C.J.W.** 1990. The processing potential of tuber of the cultivated potato after storage at low temperature. Potato Res. 33 s. 211-218.
- Putz B.** 1997. Erste 4°C – Typen bei Kartoffeln aus deutschen Züchtung. Granum-Verlag Detmold. s. 25-30.
- Putz B.** 2004. Reduzierende Zucker in Kartoffel. Kartoffelbau 5. s. 188-192.
- Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G.** 2006. Konsystencja ziemniaków gotowanych i produktów smażonych w zależności od zawartości polisacharydów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511 część II. s. 601-609.
- Sobol Z.** 2005. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka cz.1. Straty spowodowane kiełkowaniem. Inżynieria Rolnicza 10(70). s. 341-348.
- Sobol Z.** 2006a. Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. Acta Agrophysica, 8(1). s. 219-228.
- Sobol Z.** 2006b. Zmiana ubytku gęstości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. Acta Agrophysica 8 (4) (w druku).
- Sowokinos J.R., Shock C.C., Stieber T.D., Eldredge E.P.** 2000. Compositional and enzymatic changes associated with sugar-end defect in Russet Burbank potatoes. Am. J. of Potato Res. 77. s. 47-56.
- Zgórska K., Czerko Z.** 2006a. Rekondycjonowanie bulw przechowywanych w niskiej temperaturze – metoda ograniczająca zawartość cukrów w bulwach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511 część II. s. 547-556.
- Zgórska K., Czerko Z.** 2006b. Zmiany jakości ziemniaków przechowywanych w atmosferze podwyższonego stężenia CO₂. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511 część II. s. 513-522.
- 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.

Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2002. Przydatność nowych polskich odmian do przetwórstwa spożywczego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489. s. 347-354.

Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006. Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511 część I. s. 23-36.

CHANGES OF POTATO BULB DENSITY CAUSED BY WATER TRANSPIRATION AND ABSORPTION DURING STORAGE

Summary. The paper evaluated dynamics of density growth in a potato bulb due to transpiration and loss of density as a result of water absorption, depending on time of storage. Two varieties (Aster, Ibis) within size range of 40-50 mm and 50-60 mm were taken for testing. Those bulbs were stored in cool room at 4 to 6 °C and air relative humidity of about 90%. Period of storage was eight months and the measurements were taken every month. Storage time, variety, size and type of fertilizer influenced statistically an increase of the bulb density in a meaningful way. Density loss was depending on water absorption time and on other factors which could cause a meaningful modification of density increase. Highest increases and decreases of density was recorded for Aster variety, a dimensionally smaller variety. Changes of density increase depending on storage time was expressed in second degree polynomial functions while density losses were described by fourth degree polynomials for which the share of explained variances was within 0.292 to 0.902.

Key words: potato bulb, transpiration, absorption, density, storage

Adres do korespondencji:

Zygmunt Sobol; e-mail: zsobol@ar.krakow.pl

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej

Akademia Rolnicza w Krakowie

ul. Balicka 116 B

30-149 Kraków