

WPŁYW OKRESU PRZECHOWYWANIA NA ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYCHNYCH BULW ZIEMNIAKA

Barbara Krzysztofik, Paweł Skonieczny

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu różnych odmian ziemniaka na cechy ilościowe i jakościowe bulw ziemniaka w okresie długotrwałego ich przechowywania. W sezonie przechowalniczym 2008/2009 badaniami objęto trzy odmiany ziemniaka tj. Felka, Ibis, Vineta, wykorzystano dwie frakcje wymiarowe bulw tj.: 40-50 mm i powyżej 60 mm. Uzyskane wyniki wykazały, że odmiany różniły się istotnie pomiędzy sobą ubytkami występującymi podczas długotrwałego przechowywania, zawartością suchej masy i wielkością pochłoniętej energii podczas odbicia wahała. Frakcja wymiarowa bulw oraz długość okresu przechowywania wpływały istotnie na zawartość suchej masy i wielkość energii pochłoniętej podczas odbicia wahała. Energia skumulowana w bulwach w wyniku uderzenia wahała była istotnie skorelowana z wielkością ubytków naturalnych i zawartością suchej masy.

Słowa kluczowe: ziemniak, ubytki, energia odbicia, straty przechowalnicze

Wstęp

Przechowywanie ziemniaków jest bardzo ważnym elementem ich produkcji. Zakłada się, że 90% ogólnej masy wyprodukowanych ziemniaków kieruje się do przechowywania lub krótkotrwałego składowania przed ich przerobem [Sowa-Niedziałkowska 2003, 2004]. Najdłużej, bo aż 9 miesięcy przechowuje się bulwy ziemniaka przeznaczone na wyroby smażone (frytki i chipsy) gdyż proces produkcyjny tych wyrobów trwa prawie cały rok. W trakcie długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka zachodzą w nich procesy, w wyniku których następują zmiany jakościowe oraz ilościowe [Zgórska, Frydecka-Mazurczyk 1997, Sowa-Niedziałkowska, Gruczek 2002, Sobol 2005, Sobol, Baran 2007, Zgórska, Sowa-Niedziałkowska 2005]. Poza tym bulwy tracą jędrność i przyrostowi ulega zawartość suchej masy. Z ekonomicznego punktu widzenia największe znaczenie wśród zachodzących procesów ma transpiracja [Chourasia i in. 2004, 2006]. Zmiany wynikające z nadmiernej transpiracji bulw ziemniaka negatywnie wpływają na wiele cech decydujących o ich wartości konsumpcyjnej i przetwórczej.

Zachowanie cech jakościowych oraz wielkość ubytków masy bulw powodowanych transpiracją, oddychaniem, kiełkowaniem i porażeniem chorobami zależy zarówno od warunków termiczno-wilgotnościowych w pomieszczeniach przechowalniczych, jak i od właściwości odmianowych, czynników agrotechnicznych, warunków i sposobu zbioru, oraz transportu itp. [Adamicki i Czerko 2002].

Celem pracy było określenie zmian ilościowych i jakościowych zachodzących w bulwach trzech różnych odmian ziemniaka w okresie długotrwałego ich przechowywania.

Materiał i metody

Badaniami objęto: trzy odmiany ziemniaka tj. bardzo wczesna - Felka Bona, średnio wczesna – Ibis i wczesna - Vineta, dla których wykonano po zbiorze ocenę jakości zebranego plonu pod kątem zawartość suchej masy oraz energii kumulowanej przez bulwę w wyniku jej uderzania. Do badań wykorzystano dwie frakcje wielkościowe bulw tj. 40-50 i powyżej 60 mm szerokości. Podczas długotrwałego okresu przechowywania (7 mies.) w cyklu comiesięcznym i po jego zakończeniu dla bulw obu frakcji, podobnie jak po zbiorze, określono zawartość suchej masy, straty masy bulw i sprężystość bulw. Badanie energii kumulowanej dokonano z wykorzystaniem penetrometru wahadłowego.

Energię spadania wahadła określono zależnością wg wzoru (1):

$$E_0 = mgl(1 - \cos\alpha_0) \quad [\text{J}] \quad (1)$$

gdzie:

- E_0 – energia spadającego wahadła,
- g – przyspieszenie ziemskie [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$],
- m – masa wahadła [kg],
- l – długość wahadła od środka obrotu do środka ciężkości [m],
- α_0 – kat podniesienia wahadła [$^\circ$].

Dla warunków doświadczalnych $m = 0,628$ [kg], $l = 0,218$ [m], $g = 9,81$ [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$].

Energię odbicia określono wzorem:

$$E_1 = mgl(1 - \cos\alpha_1) \quad [\text{J}] \quad (2)$$

gdzie:

- α_1 – kąt odbicia wahadła [$^\circ$].

Natomiast energię pochłoniętą (kumulowaną) przez bulwę (E) obliczono jako różnicę obu energii ($E_0 - E_1$) i wyrażono w mJ.

Wszystkie zastosowane metodyki były zgodne z podanymi przez IHAR [1999] oraz Marks i in. [1981].

Wyniki

Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że bulwy odmiany Felka charakteryzowały się największymi ubytkami w okresie długotrwałego przechowywania (średnie miesięczne wartości wynosiły 5,72%, zaś po siedmiu miesiącach przechowywania aż 10,19%), natomiast u bulw odmiany Vineta odnotowano najmniejsze ubytki, które były średnio na poziomie 3,62 a po 7 miesiącach 6,75%. Tak duże ubytki odnotowane dla bulw odmiany Felka zgodnie z literaturą przedmiotu [Sobol 2006] stanowią poważny problem dla surowca przeznaczonego do przetwórstwa (zwiększają się znacząco straty podczas obierania, natomiast frytki i chipsy mają gorsze walory sensoryczne). Biorąc pod uwagę frakcję wymiarową bulw, stwierdzono, że bulwy o wielkości 40-50 mm charakteryzowały się znacznie wyższymi ubytkami niż bulwy o frakcji wielkościowej powyżej 60 mm i wynosiły średnio 4,68 a po siedmiu miesiącach aż 9,33% dla bulw frakcji mniejszej i odpowiednio

Wpływ okresu przechowywania...

4,61 i 6,81%. Wzrost ubytków był wprost proporcjonalny do długości okresu przechowywania, przy czym największy przyrost ubytków nastąpił po pierwszym miesiącu przechowywania, a najmniejszy - po drugim miesiącu przechowywania (tab. 1).

Tabela 1. Wartości średnie dla odmian, frakcji i terminów przechowywania w odniesieniu do ubytków [%], suchej masy [%] oraz energii akumulowanej przez bulwę [mJ]

Table 1. Average values for varieties, fractions and times of storage with reference to losses [%], dry matter [%] and energy accumulated by a tuber [mJ]

Odmiana	Ubytki [%]		Sucha masa [%]			E [mJ]		
	średnie	po 7 mieś.	po zbiorze	średnia	po 7 mies.	po zbiorze	średnia	po 7 mies.
Felka Bona	5,72	10,19	18,83	19,58	21,36	161,45	166,45	169,24
Ibis	4,87	8,46	20,53	20,75	21,75	162,67	165,06	169,27
Vineta	3,62	6,75	16,13	17,19	17,23	163,78	164,17	165,65
Frakcja								
40-50 mm	4,68	9,33	18,31	18,97	20,10	163,10	167,42	170,20
>60 mm	4,62	6,81	18,82	19,38	20,24	162,38	163,04	163,07
Termin przechowywania (miesiące)								
X	0,00		18,57			163,23		
XI	2,96		19,02			163,81		
XII	3,20		18,61			164,43		
I	4,79		18,91			165,57		
II	6,64		19,22			165,79		
III	7,33		19,73			166,25		
IV	8,26		20,17			166,64		

W bulwach odmiany średnio wczesnej, Ibis odnotowano największą zawartość suchej masy, która wynosiła po zbiorze 20,75%, a wzrost w trakcie przechowywania wyniósł 1,23%. Najniższą zawartością suchej masy z trzech badanych odmian charakteryzowały się bulwy odmiany wczesnej Vineta, jak również przyrost suchej masy był najmniejszy i wynosił 1,10%. Odmiana Felka Bona należąca do bardzo wczesnych, charakteryzowała się bulwami o średniej zawartości suchej masy, zaś największym jej przyrostem podczas przechowywania, który wynosił 2,53%. Niższą zawartością suchej masy charakteryzowały się bulwy mniejszej frakcji wymiarowej co jest zgodne z literaturą przedmiotu. Występująca różnica pomiędzy bulwami obu frakcji wyniosła dla stanu po zbiorze 0,51%, a po przechowywaniu zaledwie 0,14%. Podczas przechowywania zawartość suchej masy w bulwach podlega zmianom polegającym początkowo na nieznacznym jej wzroście co jest wynikiem znacznego osuszania i dojrzewania pozbiorowego bulw, następnie spadek i począwszy od 4 miesiąca przechowywania ponowny jej wzrost.

Analiza wartości energii skumulowanej przez bulwy badanych odmian w różnych okresach pomiarowych wskazuje, że bulwy odmiany Felka Bona charakteryzowały się najmniejszą początkową, zaś największą średnią energią. Wzrost energii kumulowanej przez bulwy podczas ich siedmiomiesięcznego przechowywania dla bulw tej odmiany wyniósł 7,79 [mJ]. Największą początkową energię kumulowały bulwy odmiany wczesnej Vineta, które po przechowywaniu kumulowały wartość najmniejszą. Odnotowana różnica kumulowanej energii pomiędzy zbiorem a po długotrwałym przechowywaniu była najniższa

i wynosiła 1,85 [mJ]. Kumulacja energii przez bulwy różnych frakcji wymiarowych była zróżnicowana. Bulwy frakcji mniejszej kumulowały więcej energii, zaś przyrost energii pomiędzy okresem zbioru i po przechowywaniu wynosił dla frakcji mniejszej 7,10 [mJ], a dla większej 0,69 [mJ]. Kształtowanie się energii kumulowanej w poszczególnych miesiącach przechowywania wskazuje na stopniowy w miarę proporcjonalny jej wzrost.

Analiza wariancji w klasyfikacji potrójnej wykazała istotny wpływ odmiany, frakcji wymiarowej bulw i terminu przechowywania na zawartość suchej masy oraz energii akumulowanej przez bulwę. Również wszystkie interakcje były istotne. Natomiast odmiana oraz termin przechowywania istotnie wpływały na ubytki naturalne bulw. Również interakcje odmiana*termin i odmiana*frakcja*termin były istotne (tab. 2).

Tabela 2. Wyniki analizy wariancji w klasyfikacji potrójnej. Wpływ odmiany, frakcji, terminu przechowywania z interakcjami

Table 2. Results of the analysis of the variance in the triple classification. Impact of the variety, fraction, time of storage with interactions

Czynnik	Ubytki		Sucha masa		Energia	
	F	p	F	p	F	p
Odmiana	16,942	0,000	191,049	0,000	3,481	0,031
Frakcja	0,716	0,398	6,348	0,012	42,908	0,000
Termin	56,113	0,000	7,167	0,000	8,604	0,000
Odmiana*frakcja	2,639	0,072	13,433	0,000	9,233	0,000
Odmiana*termin	4,248	0,000	2,572	0,003	5,017	0,000
Frakcja*termin	1,620	0,139	0,644	0,695	3,082	0,006
Odmiana*frakcja*termin	1,920	0,029	1,762	0,051	3,435	0,000

pogrubiono wartości istotne na poziomie $\alpha=0,05$

Szczegółowe zależności istotne w obrębie danego czynnika przedstawiono w formie testu Duncana, którego wyniki zamieszczono w tabelach 3 oraz 4. Zależności regresyjne oraz współczynniki korelacji zamieszczone w tab. 5 wskazują, że pomiędzy wartością energii kumulowanej przez bulwy a zawartością suchej masy i ubytkami występuje dodatnia istotna korelacja.

Tabela 3. Wyniki testu Duncana. Wpływ odmiany i frakcji wymiarowej bulw na ubytki masy, zawartość suchej masy oraz wartość energii akumulowanej przez bulwę

Table 3. Results of Duncan's test. Impact of the variety and dimensional fraction of tubers on the losses of matter, the content of dry matter and the value of energy accumulated by a tuber

Ubytki			Sucha masa			Energia		
Odmiana	{1}	{2}	Odmiana	{1}	{2}	Odmiana	{1}	{2}
{1} Felka			{1} Felka			{1} Felka		
{2} Ibis	0,056		{2} Ibis	0,000		{2} Ibis	0,001	
{3} Vineta	0,000	0,000	{3} Vineta	0,000	0,000	{3} Vineta	0,000	0,247
Frakcja			Frakcja			Frakcja		
{1} 40-50 mm			{1} 40-50 mm			{1} 40-50 mm		
{2} >60 mm	0,052		{2} >60 mm	0,051		{2} >60 mm	0,000	

pogrubiono wartości istotne na poziomie $\alpha=0,05$

Wpływ okresu przechowywania...

Tabela 4. Wyniki testu Duncana. Wpływ terminu przechowywania na ubytki masy, zawartość suchej masy oraz wartość energii akumulowanej przez bulwę
 Table 4. Results of Duncan's test. Impact of the time of storage on the losses of matter, the content of dry matter and the value of energy accumulated by a tuber

Termin przechowywania						
Ubytki	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1} X						
{2} XI	0,000					
{3} XII	0,000	0,739				
{4} I	0,000	0,002	0,004			
{5} II	0,000	0,000	0,000	0,009		
{6} III	0,000	0,000	0,000	0,000	0,086	
{7} IV	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
Sucha masa						
{1} X						
{2} XI	0,107					
{3} XII	0,667	0,208				
{4} I	0,176	0,740	0,313			
{5} II	0,033	0,555	0,078	0,389		
{6} III	0,000	0,020	0,000	0,010	0,064	
{7} IV	0,000	0,002	0,000	0,001	0,009	0,392
Energia						
{1} X						
{2} XI	0,643					
{3} XII	0,407	0,672				
{4} I	0,048	0,110	0,204			
{5} II	0,000	0,000	0,000	0,000		
{6} III	0,590	0,348	0,198	0,014	0,000	
{7} IV	0,010	0,030	0,068	0,510	0,003	0,002

pogrubiono wartości istotne na poziomie $\alpha=0,05$

Tabela 5. Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi parametrami bulw oraz zależności regresyjne wartości energii od ubytków naturalnych i zawartości suchej masy
 Table 5. Coefficients of correlation between tested parameters of tubers and regressive dependences of the value of energy on natural losses and the content of dry matter

Parametry	Ubytki naturalne	Sucha masa	Równanie regresji
Ubytki naturalne			$y = -15,7853 + 0,123 \cdot x;$
Sucha masa	0,325		$y = 13,5886 + 0,0334 \cdot x;$
Energia	0,359	0,127	

pogrubiono wartości istotne na poziomie $\alpha=0,05$

Wnioski

1. Badane odmiany ziemniaka, wielkość frakcji wymiarowej bulw i terminy przechowywania wpływały istotnie na zawartość suchej masy oraz energię kumulowaną przez bulwę. Również interakcje pomiędzy czynnikami były istotne. Natomiast ubytki naturalne były istotnie zróżnicowane pomiędzy odmianami i długością okresu przechowywania.
2. Bulwy bardzo wczesnej odmiany Felka Bona podczas długotrwałego przechowywania traciły najwięcej masy, charakteryzowały się największym przyrostem suchej masy i największą energią kumulowaną przez bulwę.
3. Odmianą, dla której bulw odnotowano najmniejsze wahania parametrów podczas długotrwałego przechowywania była odmiana wczesna Mineta.
4. Bulwy frakcji wymiarowej 40-50 mm charakteryzowały się w porównaniu z frakcją powyżej 60 mm niższą zawartością suchej masy, wyższymi ubytkami i wyższą energią kumulowaną podczas uderzenia.
5. Przeprowadzona analiza korelacji wykazała zależności istotne pomiędzy energią kumulowaną a ubytkami i zawartością suchej masy.

Bibliografia

- Adamicki F., Czerko Z.** 2002. Przechowalność warzyw i ziemniaka. PWRiL Poznań. ISBN 83-09-01766-9.
- Chourasia M. K., Saha R., De A., Sahoo P.K.** 2004. Evaluation of storage loses in a commercial potato cold storage. *Journal of Food Science and Technology* 41. pp. 507-510.
- Chourasia M. K., Gishwami T. K.** 2006. 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 pp. 34-45.
- Marks N., Biel M., Krzysztofik B.** 1981. Określenie wpływu wielkości i ciężaru bulw na kształtowanie się wytrzymałości mechanicznej bulw wybranych odmian ziemniaka. *Roczniki Nauk Rolniczych t. C-75-1*. s. 109-124.
- Sobol Z.** 2005. Określenie strat ilościowych bulw ziemniaka., cz. II. Ubytki naturalne. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10(70). s. 349-359.
- Sobol Z., Baran D.** 2007. Relacje pomiędzy przyrostem gęstości bulw a wybranymi właściwościami ziemniaka w okresie przechowywania. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(97). s. 203-210.
- Sowa-Niedzialkowska G., Gruczek T.** 2002. Wpływ sposobu zbioru ziemniaka na straty przechowalnicze. *Ziemniak Polski* 4. IHAR Oddział Jadwisin. s. 21-26.
- Sowa-Niedzialkowska G.** 2003. Straty przechowalnicze i ich ograniczanie. *Ziemniaki nowe wyzwania*. Agro serwis, IHAR. Stowarzyszenie Polski Ziemniak. Warszawa. s. 73-77.
- Sowa-Niedzialkowska G.** 2004. Charakterystyka trwałości przechowalniczej odmian ziemniaka w latach 1997-2002. *Ziemniak Polski* 3 IHAR. s. 7-11.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.** 1997. Temperatura przechowywania ziemniaka w zależności od kierunku użytkowania. *Ziemniak Polski* 4. IHAR Jadwisin. s. 16-19.
- Zgórska K., Sowa-Niedzialkowska G.** 2005. Wpływ czynników odmianowych na zmiany jakościowe w czasie długotrwałego przechowywania ziemniaków. *Pam. Puławski* 139. s. 221-231.
- IHAR 1999. *Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakami*. Oddział Jadwisin. s. 1-50.

IMPACT OF THE PERIOD OF STORAGE ON CHANGES OF PHYSICAL PROPERTIES OF POTATO TUBERS

Abstract. The aim of the work was to determine the impact of different varieties of potato on quantity and quality characteristics of potato tubers during a long period of their storage. In the storage period 2008-2009 three varieties of potato, i.e. Felka, Ibis and Vineta, were tested and two dimensional fractions of tubers, i.e. 40-50 mm and above 60 mm, were used. The results showed that there were actual differences between varieties in terms of losses occurring during their long-term storage, the content of dry matter and the quantity of energy consumed during the rebound of the pendulum. The dimensional fraction of tubers and the length of the storage period affected significantly the content of dry matter and the quantity of energy consumed during the rebound of the pendulum. The energy accumulated in tubers as a result of the impact of the pendulum was actually correlated with the amount of natural losses and the content of dry matter.

Key words: potato, losses, energy of rebound, storage losses

Adres do korespondencji:

Barbara Krzysztofik; e-mail: Barbara.Krzysztofik@ur.krakow.pl
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków