

Norbert Marks, Dariusz Baran, Zygmunt Sobol
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Akademia Rolnicza w Krakowie

WPLYW WYMIARÓW NA ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY KSZTAŁTEM A OBJĘTOŚCIĄ BULW ZIEMNIAKA

Streszczenie

W pracy poszukiwano odpowiedzi na pytanie jak frakcja wymiarowa bulw wpływa na relacje pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian ziemniaka? Badaniami objęto pięć odmian: Drop, Ibis, Irga, Mors, Salto i czterech frakcji wymiarowych: 30-40, 40-50, 50-60, >60 mm. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ frakcji i odmiany na wartość współczynnika kształtu oraz objętość bulw ziemniaka. Najlepsze dopasowanie do rzeczywistego kształtu bulw uzyskano dla modelu elipsoidy.

Słowa kluczowe: ziemniak, bulwa, kształt, objętość

Wykaz oznaczeń

- a – grubość bulwy [mm],
- b – szerokość bulwy [mm],
- c – długość bulwy [mm],
- $K_{b/c}$ – współczynnik kształtu bulwy,
- V_{rz} – objętość rzeczywista bulwy [cm³],
- V_t – objętość teoretyczna bulwy [cm³],

Wstęp

Wymagania jakościowe wobec surowca dla przetwórstwa spożywczego ziemniaka są najwyższe w odniesieniu do innych kierunków wykorzystania bulw. Niewiele mniejsze wymagania stawiane są bulwom ziemniaka jadalnego zużywanego w gospodarstwach domowych (gotowanego w całości, jako purée lub w postaci sałatek) [Nowacki 2000; Zgórska 2004]. Większość publikacji naukowych przedstawiających wpływ cech jakościowych bulw ziemniaka na jakość uzyskiwanych

produktów spożywczych, jako najistotniejszą cechę podaje kształt bulw [Zarzyńska 1997, 2004; Zgórska, Frydecka-Mazurczyk 1999; Zgórska 2002]. Kształt decyduje także o atrakcyjności handlowej bulw konsumpcyjnych. Wszyscy zgodnie twierdzą, że w każdym typie kształtu, bulwy powinny zachować regularność (nie powinny występować deformacje zewnętrzne) [Frydecka-Mazurczyk, Zgórska 1993; Lisińska 1994; Leszczyński 2000]. Występowanie deformacji zewnętrznych, które są odstępstwem od charakterystycznego kształtu bulw danej odmiany i frakcji wielkościowej, prowadzi do wielu strat w procesie przetwórczym (straty przy obieraniu oraz odpady przy krojeniu) [Zgórska, Frydecka-Mazurczyk, 1991, Pietkiewicz 1993]. Określenie zależności pomiędzy kształtem a objętością bulw niezdeformowanych może być wykorzystane do weryfikacji przydatności bulw dla celów spożywczego.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie relacji pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian i frakcji wielkościowych ziemniaka. Badaniami objęto 4 frakcje wielkościowe (30–40, 40–50, 50–60, > 60 mm wg szerokości) pięciu odmian ziemniaka: Drop, Ibis, Irga, Mors, Salto. Ziemniaki uprawiano według agrotechniki przedstawionej przez Sobola i in. [2005].

Metodyka badań

Badania prowadzono według metodyki szczegółowo przedstawionej w pracy Sobola i in. [2005]. Do badań zakwalifikowano bulwy posiadające kształt typowy dla danej odmiany i frakcji, bez widocznych deformacji zewnętrznych (po 50 szt. dla kombinacji). Aby określić kształt dokonywano pomiaru bulw (dokładność do 1 mm) wyznaczając: długość (c), szerokość (b), oraz grubość bulwy (a). Następnie wg „Technologii ...” [1972] wyliczono współczynnik kształtu $K_{b/c}$ (jako iloraz szerokości b i długości c).

Objętość rzeczywistą bulw V_{rz} wyznaczono za pomocą elektronicznej wagi laboratoryjnej WPS 510/C/1 wyposażonej w zestaw do wyznaczania gęstości ciał stałych. Objętość teoretyczną bulw V_t wyliczono w oparciu o modele kuli i elipsoidy. Obliczenia dla modelu kuli prowadzono oddzielnie dla każdego wymiaru bulwy (długość, szerokość lub grubość). W przypadku obliczeń objętości elipsoidy wprowadzono do wzoru zamiast półosi elipsoidy wymiary bulwy.

Analizy statystyczne prowadzono z wykorzystaniem pakietu *Statistica 7.1*. Dla określenia jakościowego wpływu zmiennych niezależnych na współczynnik kształtu oraz objętość rzeczywistą bulw wykonano test analizy wariancji w klasyfikacji

wielokrotnej z testem Duncana. Zależności pomiędzy objętościami rzeczywistymi a teoretycznymi bulw ustalono w oparciu o model regresji liniowej.

Wyniki badań

Analiza wariancji w klasyfikacji wielokrotnej (tab. 1) wskazuje na istnienie statystycznie istotnego wpływu odmiany i frakcji wymiarowej na wartość współczynnika kształtu bulw ziemniaka. Występuje również interakcja pomiędzy czynnikami głównymi odmiana*frakcja. Przeprowadzony test Duncana (tab. 2) wykazał, że bulwy odmian Drop i Ibis tworzą grupę jednorodną. Dla tych odmian zanotowano najniższe współczynniki kształtu. Dla 'Dropa' $K_{b/c}$ wynosi 0,766, a dla 'Ibisa' – 0,763. Odnotowane wartości $K_{b/c}$ wskazują na przynależność bulw tych odmian do grupy o kształcie okrągło-owalnym. Wyższy współczynnik kształtu zarejestrowano dla 'Irgi' ($K_{b/c} = 0,835$). Następnie, w kolejności rosnącej zanotowano 'Salto' ($K_{b/c} = 0,895$) oraz 'Morsa' ($K_{b/c} = 0,972$). Według uzyskanych wartości współczynnika kształtu wymienione trzy odmiany charakteryzują się bulwami o kształcie okrągłym, choć należy pokreślić, że 'Irga' znajduje się na granicy podziału grup kształtu okrągłego i okrągło-owalnego. Spośród badanych frakcji test Duncana wyłonił dwie grupy jednorodne. Do pierwszej należą bulwy większe tzn. frakcji > 60 mm ($K_{b/c} = 0,828$) oraz 50–60 mm ($K_{b/c} = 0,833$). Według uzyskanych wartości $K_{b/c}$ bulwy z tej grupy należy zaliczyć do okrągło-owalnych. Drugą grupę jednorodną tworzą bulwy mniejsze, frakcji 40–50 mm ($K_{b/c} = 0,859$) oraz 30–40 mm ($K_{b/c} = 0,866$) o kształcie okrągłym.

Analizując wpływ odmiany i frakcji wymiarowej na objętość rzeczywistą bulw stwierdzono istotne statystycznie oddziaływanie pomiędzy tymi zmiennymi (tab. 3). Korzystając z wyników testu Duncana (tab. 4) podzielono badane odmiany na 2 grupy. Do pierwszej zaliczono bulwy odmian Mors i Irga, które cechowały się mniejszą objętością V_{rz} (80,08 oraz 83,28 [cm³]). Drugą grupę stanowią bulwy 'Salta', 'Dropa' oraz 'Ibisa' o większych objętościach V_{rz} wynoszących odpowiednio 87,81; 89,73; 90,34 [cm³]. Klasyfikując objętości V_{rz} według frakcji uzyskano 4 grupy jednorodne. Objętość bulw zmieniała się od $V_{rz} = 31,52$ cm³ w przypadku frakcji 30–40 mm do $V_{rz} = 161,19$ cm³ dla frakcji > 60 mm.

Określenie wpływu frakcji wymiarowej na relacje pomiędzy kształtem a objętością bulw przeprowadzono na podstawie analizy regresji pomiędzy objętościami rzeczywistymi a teoretycznymi bulw (tab. 5). Analizy prowadzono w ramach każdej frakcji w sposób uogólniony czyli bez przydziału bulw do konkretnej odmiany, oraz szczegółowy czyli analizując każdą frakcję danej odmiany. Stwierdzono, że dla każdej z badanych frakcji objętości teoretyczne liczone wg. modelu elipsoidy uzyskały wyższe współczynniki determinacji z objętościami

rzeczywistymi niż wyznaczone wg. modelu kuli. Uzyskane wyniki potwierdzają sugestię Skwarskiego [1996] o celowości stosowania wzorca elipsoidy w rozważaniach teoretycznych. W uogólnionej analizie najlepsze dopasowanie do rzeczywistości z wykorzystaniem tego modelu uzyskano dla frakcji 40-50 mm ($R^2 = 0,9559$). Ale i w przypadku pozostałych frakcji uzyskano wysokie współczynniki determinacji ($R^2 \geq 0,9342$). Próbując odwzorować kształt bulwy z wykorzystaniem modelu kuli najbardziej zbliżony do wzorca, dla wszystkich frakcji, okazał się model oparty na największym wymiarze bulwy czyli długości. Wykorzystując zmienną grupującą odmiana można zwiększyć dokładność opisu relacji pomiędzy zmiennymi do $R^2 = 0,9660$ ('Drop' frakcja 40-50, model elipsoidy).

Tabela 1. Analiza wariancji w klasyfikacji wielokrotnej – zróżnicowanie współczynnika kształtu bulw ziemniaka w zależności od odmiany i frakcji wymiarowej

Table 1. Variance analysis in multiple classification – diversity of potato bulb shape factor depending on variety and size fraction

Efekt	Stopnie swobody	Średni kwadrat	Test F	Uzyskany poziom p	Różnica
Odmiana	4	1,5771	258,4	0,000000	*
Frakcja	3	0,0863	14,1	0,000000	*
Odmiana*frakcja	12	0,0174	2,8	0,000736	*

* – różnice nieistotne statystycznie na poziomie $\alpha=0,05$

Tabela 2. Wyniki testu Duncana dla czynników głównych – zróżnicowanie współczynnika kształtu bulw ziemniaka pomiędzy odmianami i frakcjami

Table 2. Duncan test results for main factors – diversity of potato bulb shape factor between varieties and fractions

Czynnik	Grupy jednorodne*				
	Średnie wartości współczynnika kształtu				
Odmiana	x_2	x_1	x_3	x_5	x_4
	'Drop' $x_1 = 0,766$ 'Ibis' $x_2 = 0,763$ 'Irga' $x_3 = 0,835$			'Mors' $x_4 = 0,972$ 'Salto' $x_5 = 0,895$	
Frakcja	x_4	x_3	x_2	x_1	
	30-40 mm $x_1 = 0,866$	40-50 mm $x_2 = 0,859$	50-60 mm $x_3 = 0,833$	> 60 mm $x_4 = 0,828$	

* – różnice nieistotne statystycznie podkreślono

Tabela 3. Analiza wariancji w klasyfikacji wielokrotnej – zróżnicowanie rzeczywistej objętości bulw ziemniaka w zależności od odmiany i frakcji wymiarowej
 Table 3. Variance analysis in multiple classification – diversity of actual volume of potato bulb depending on variety and size fraction

Efekt	Stopnie swobody	Średni kwadrat	Test F	Uzyskany poziom p	Różnica
Odmiana	4	3909	8,9	0,000001	*
Frakcja	3	796040	1802,9	0,000000	*
Odmiana*frakcja	12	1866	4,2	0,000002	*

* – różnice nieistotne statystycznie na poziomie $\alpha=0,05$

Tabela 4. Wyniki testu Duncana dla czynników głównych – zróżnicowanie rzeczywistej objętości bulw ziemniaka pomiędzy odmianami i frakcjami
 Table 4. Duncan test results for main factors – diversity of actual volume of potato bulbs between varieties and fractions

Czynnik	Grupy jednorodne*				
	Średnie wartości współczynnika kształtu				
Odmiana	x_4	x_3	x_5	x_1	x_2
	‘Drop’ $x_1 = 89,73$		‘Mors’ $x_4 = 80,08$		
	‘Ibis’ $x_2 = 90,34$		‘Salto’ $x_5 = 87,81$		
	‘Irga’ $x_3 = 83,28$				
Frakcja	x_1	x_2	x_3	x_4	
	30-40 mm	40-50 mm	50-60 mm	> 60 mm	
	$x_1 = 31,52$	$x_2 = 56,94$	$x_3 = 95,33$	$x_4 = 161,19$	

* – różnice nieistotne statystycznie podkreślono

Tabela 5. Wyniki analizy regresji – zależności pomiędzy objętościami rzeczywistymi i teoretycznymi dla badanych czynników

Table 5. Regression analysis results – dependencies between actual and theoretical volumes for analyzed factors

Odmiana	Frakcja	Współczynnik kształtu $K_{b/c}$	Kształt wg współczynnika $K_{b/c}^*$	Objętość rzeczywista V_r [cm ³]	Objętość teoretyczna V_t [cm ³]	Równanie regresji				Wymiar wykorzystany do obliczenia objętości teoretycznej
						Wyraz wolny A	Wyraz B	Poziom istotności p	Współczynnik determinacji R ²	
ogółem	30-40	0,866	o	31,5	46,8	18,229	0,284	0,000	0,6943	c
ogółem	30-40	0,866	o	31,5	28,8	1,348	1,046	0,000	0,9515	a,b,c
ogółem	40-50	0,859	o	56,9	92,4	33,142	0,258	0,000	0,7182	c
ogółem	40-50	0,859	o	56,9	52,9	2,010	1,039	0,000	0,9559	a,b,c
ogółem	50-60	0,833	oow	95,3	170,4	62,644	0,192	0,000	0,6915	c
ogółem	50-60	0,833	oow	95,3	89,5	3,495	1,026	0,000	0,9385	a,b,c
ogółem	>60	0,828	oow	161,2	303,7	102,402	0,194	0,000	0,5306	c
ogółem	>60	0,828	oow	161,2	152,0	7,554	1,011	0,000	0,9342	a,b,c
Drop	30-40	0,797	oow	33,1	57,2	15,917	0,301	0,000	0,7110	c
Drop	30-40	0,797	oow	33,1	30,2	2,221	1,024	0,000	0,9550	a,b,c
Drop	40-50	0,776	oow	63,6	122,9	27,942	0,290	0,000	0,7490	c
Drop	40-50	0,776	oow	63,6	60,1	2,040	1,026	0,000	0,9660	a,b,c
Drop	50-60	0,751	oow	101,4	214,0	46,637	0,256	0,000	0,7030	c
Drop	50-60	0,751	oow	101,3	96,0	8,190	0,970	0,000	0,9260	a,b,c
Drop	>60	0,743	oow	160,8	354,6	91,963	0,194	0,000	0,6600	c
Drop	>60	0,743	oow	160,8	150,2	10,902	0,998	0,000	0,9090	a,b,c
Ibis	30-40	0,793	oow	33,0	54,2	16,319	0,308	0,000	0,7440	c
Ibis	30-40	0,793	oow	33,0	29,6	2,427	1,034	0,000	0,9380	a,b,c
Ibis	40-50	0,788	oow	61,0	110,5	27,985	0,300	0,000	0,7800	c
Ibis	40-50	0,788	oow	61,0	56,0	0,093	1,089	0,000	0,9460	a,b,c
Ibis	50-60	0,748	oow	105,7	231,3	60,423	0,193	0,000	0,8680	c
Ibis	50-60	0,748	oow	105,7	98,7	0,711	1,062	0,000	0,9400	a,b,c
Ibis	>60	0,727	oow	161,7	380,4	93,578	0,179	0,000	0,6430	c
Ibis	>60	0,727	oow	161,7	154,9	11,046	0,973	0,000	0,9560	a,b,c
Irga	30-40	0,838	o	32,8	52,2	15,291	0,335	0,000	0,7950	c
Irga	30-40	0,838	o	32,8	30,1	0,278	1,079	0,000	0,9600	a,b,c
Irga	40-50	0,835	o	55,7	95,4	32,166	0,246	0,000	0,6400	c
Irga	40-50	0,835	o	55,7	52,8	1,019	1,035	0,000	0,9420	a,b,c
Irga	50-60	0,835	o	89,7	160,4	52,445	0,232	0,000	0,7080	c
Irga	50-60	0,835	o	89,7	83,4	-0,094	1,076	0,000	0,9550	a,b,c
Irga	>60	0,832	oow	155,0	300,9	72,355	0,275	0,000	0,8020	c
Irga	>60	0,832	oow	155,0	145,6	-3,282	1,087	0,000	0,9550	a,b,c

Odmiana	Fracja	Współczynnik kształtu $K_{b/c}$	Kształt wg współczynnika $K_{b/c}$ *	Objętość rzeczywista V_r [cm ³]	Objętość teoretyczna V_t [cm ³]	Równanie regresji				Wymiar wykorzystany do obliczenia objętości teoretycznej
						Wyraz wolny A	Wyraz B	Poziom istotności p	Współczynnik determinacji R^2	
Mors	30-40	0,964	o	29,3	33,8	14,121	0,449	0,000	0,6820	c
Mors	30-40	0,964	o	29,3	27,1	2,299	0,997	0,000	0,9500	a,b,c
Mors	40-50	0,990	o	48,9	33,5	16,994	0,951	0,000	0,7950	a
Mors	40-50	0,990	o	48,9	44,9	3,489	1,011	0,000	0,9620	a,b,c
Mors	50-60	0,953	o	90,6	62,9	43,210	0,754	0,000	0,6360	a
Mors	50-60	0,953	o	90,6	84,9	9,245	0,958	0,000	0,9330	a,b,c
Mors	>60	0,982	o	151,5	161,3	25,585	0,781	0,000	0,6750	b
Mors	>60	0,982	o	151,5	141,7	-0,168	1,070	0,000	0,9120	a,b,c
Salto	30-40	0,939	o	29,3	29,4	10,089	0,655	0,000	0,5790	b
Salto	30-40	0,939	o	29,3	27,2	2,422	0,990	0,000	0,9610	a,b,c
Salto	40-50	0,904	o	55,6	78,8	34,244	0,270	0,000	0,6200	c
Salto	40-50	0,904	o	55,6	50,6	0,077	1,096	0,000	0,9530	a,b,c
Salto	50-60	0,883	o	89,4	138,0	40,724	0,353	0,000	0,6720	c
Salto	50-60	0,883	o	89,4	84,6	2,094	1,032	0,000	0,9140	a,b,c
Salto	>60	0,857	o	177,0	182,9	21,005	0,853	0,000	0,7290	b
Salto	>60	0,857	o	177,0	167,5	16,697	0,957	0,000	0,9300	a,b,c

* - kształt: o – okrągły, oow – okrągło-owalny

Wnioski

1. Frakcja wymiarowa decyduje o kształcie bulw. Bulwy małe ($b < 50$ mm) mają kształt okrągły, natomiast duże ($b > 50$ mm) przypierają kształt okrągło-owalny.
2. Odmiana ma istotny statystycznie wpływ na kształt bulw ziemniaka. Odmiany Drop i Ibis tworzą grupę jednorodną pod względem wartości współczynnika kształtu.
3. Zarówno frakcja wymiarowa jak i odmiana decydują o objętości bulw ziemniaka.
4. Największą dokładność opisu objętości dla wszystkich frakcji uzyskano stosując model elipsoidy, dla którego stopień dopasowania do rzeczywistych objętości R^2 wynosił od 0,9342 do 0,9559. Model elipsoidy najdokładniej odwzorowuje kształt bulw frakcji 40–50 mm ($R^2 = 0,9559$).
5. Model kuli najdokładniej odwzorowuje kształt bulw frakcji 40–50 mm (wg wymiaru c: – $R^2 = 0,7182$).

Bibliografia

Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1993. Surowiec do produkcji frytek i chipsów. *Ziemniak Polski* 3, s. 8-13.

Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywność* 4(25), 5-21.

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

Nowacki W. 2000. Parametry jakości bulw w konfekcjonowaniu ziemniaka jadalnego. *Ziemniak Polski* 3, s. 2-8.

Pietkiewicz J. 1993. Ziemniak na przetwórstwo spożywcze. *Ziemniak Polski* 3, s. 1-3.

Skwarski B. 1996. Modelowanie kształtu bulw ziemniaka. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 443, s.365-373.

Sobol Z., Baran D., Marks N. 2005. Relacje pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza* 7 (67), s. 289-295.

Technologia przetwórstwa ziemniaczanego. 1972. Praca zbiorowa pod redakcją F. Nowotnego. WNT.

Zarzyńska K. 1997. Czynniki wpływające na kształt i wielkość bulw ziemniaka. *Ziemniak Polski* 4, s. 4-9.

Zgórska K. 2002. Jakość ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa spożywczego. *Ziemniak Polski* 4, s. 14-20.

Zgórska K. 2004. Wymagania jakościowe wobec odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziemniak Polski* 4, s. 26-28.

Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1991. Odmiany ziemniaka do przemysłu spożywczego. *Ziemniak Polski* 2, s.16-21.

Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1999. Normy krajowe UE oraz zasady odbioru jakościowego ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa. *Ziemniak Polski* 2, s. 28-32.

**EFFECT OF SIZING FRACTION ON RELATIONS BETWEEN
THE SHAPE AND VOLUME OF POTATO BULBS**

Summary

The paper tries to answer the question what sizing fraction of potato bulbs can have effect on relations between volume and shape of bulbs for selected potato varieties. The studies covered five varieties: Drop, Ibis, Irga, Mors, Salto and four size fractions: 30–40, 40–50, 50–60, >60 mm. The studies showed statistically significant effect of fractions and varieties on shape factor value and volume of potato bulbs. Best matching to actual bulb shape was achieved for the ellipsoid model.

Key words: potato, potato bulb, shape, volume