

## POSZUKIWANIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY WYBRANYMI CECHAMI BIOMETRYCZNYMI BULW ZIEMNIAKA A PROMIENIOWANIEM MIKROFALOWYM

Tomasz Jakubowski

*Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

**Streszczenie.** W pracy poszukiwano zależności pomiędzy wybranymi cechami biometrycznymi bulw ziemniaka a promieniowaniem mikrofalowym. W doświadczeniu badano trzy bardzo wczesne odmiany ziemniaka: Felka Bona, Velox i Rosara. Dla wszystkich badanych odmian wartość wskaźnika spłaszczenia w próbach kontrolnych była większa od wartości uzyskanych w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego - wartość wskaźnika spłaszczenia w próbach kontrolnych odmiany Felka Bona była większa o 6,7%, w odmianie Velox 5% i 4,1% w odmianie Rosara. Statystycznie istotne różnice w zakresie uzyskanych wartości wskaźnika spłaszczenia bulw ziemniaka stwierdzono w bulwach ziemniaków odmiany Felka Bona.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, promieniowanie mikrofalowe, cechy biometryczne bulwy

### Wstęp

Przemysł spożywczy stawia bulwom ziemniaka wysokie wymagania jakościowe. Większość publikacji naukowych [Zgórska 2004, 2002, Nowotny 1972] dotyczących jakości produktów spożywczych, jako istotną cechę jakościową podają kształt bulwy. Bulwy powinny zachować regularność, nie powinny występować deformacje zewnętrzne gdyż prowadzi to do wielu strat w procesie przetwórczym.

Wymogi unijne sprawiają, że obecne rolnictwo nastawione musi być nie tylko na produkcję ilościową ale również i na wytwarzanie produktów o odpowiednich cechach jakościowych. Badania Kuca i in. [2005] wskazują na niewielkie zróżnicowanie cech biometrycznych korzenia buraka cukrowego uprawianego w warunkach różnych systemów uprawy – jednakże istotne różnice występują w zależnościach: nawożenie – długość korzenia i system uprawy – grubość i współczynnik spłaszczenia korzenia. Kiełbasa [2005] w doświadczeniach dotyczące wpływu wybranych cech fizycznych bulw ziemniaków średniowczesnych odmian Drop, Ibis, Mors i Salto na procesy separacji stwierdza statystycznie istotny wpływ odmiany na współczynniki sferyczności (wydłużenia i spłaszczenia). Obecnie do tradycyjnych zabiegów agrotechnicznych w zakresie ochrony roślin zostają włączane fizyczne sposoby modyfikacji ich cech indywidualnych. Działanie pola elektromagnetycznego na sadzeniaki ziemniaka pobudza fizjologiczne procesy bulwy i ma stymulujące działanie dla układów adaptacyjnych organizmów [Marks i in. 2005]. Wyniki badań Jakubowskiego [2006, 2007] wskazują na pozytywny wpływ promieniowania mi-

krofalowego na przebieg ontogenezy roślin ziemniaka. Jeśli zatem stwierdzono modyfikujący wpływ pola elektromagnetycznego na niektóre cechy biofizyko-chemiczne roślin, prawdopodobnym jest, że pole mikrofalowe może również modyfikować kształt bulw z roślin potomnych ziemniaka, których sadzeniaki poddano wpływowi tego czynnika. W dostępnej literaturze nie znaleziono informacji dotyczących wpływu promieniowania mikrofalowego na cechy biometryczne bulw ziemniaka. W związku z powyższym w pracy poszukiwano zależności pomiędzy wybranymi cechami wymiarowo-masowymi bulw ziemniaka a promieniowaniem mikrofalowym.

## Zakres pracy i metoda badawcza

Badania prowadzono w latach 2006-2007. W roku 2006 badano odmianę Felka Bona, której sadzeniaki poddano działaniu promieniowania mikrofalowego o częstotliwości 2,45 GHz, mocy 100 i 1000 W oraz czasach ekspozycji 5, i 20 s co odpowiadało 11,1-513,2 J·g<sup>-1</sup> dawek jednostkowych. Wyniki badań wskazały na istotne zależności korelacyjne pomiędzy niektórymi cechami wymiarowo-masowymi bulw ziemniaka poddanych działaniu promieniowania mikrofalowego o mocy 100 W i czasie ekspozycji 5 s co odpowiadało 11,1-104 J·g<sup>-1</sup> dawek jednostkowych. W roku 2007 w doświadczeniu przyjęto trzy bardzo wczesne odmiany ziemniaka Felka Bona, Velox i Rosara. Sadzeniaki w ilości 120 sztuk dla każdej odmiany, po określeniu ich masy i wymiarów, poddano (za wyjątkiem próby kontrolnej) działaniu promieniowania mikrofalowego o częstotliwości 2,45 GHz, mocy 100 W i czasach ekspozycji 5, 10, 15, 20, 25 s co odpowiadało 9,8-203,6 J·g<sup>-1</sup> dawek jednostkowych. Wielkość prób wynosiła 20 sztuk bulw. Materiał badawczy, po poddaniu wpływowi pola mikrofalowego, posadzono na poletkach badawczych z zastosowaniem prawidłowych zasad agrotechniki, dla roślin ziemniaka, określonych przez metodykę integrowanej produkcji ziemniaków [Metodyka... 2005]. Zbiór plonu wykonano po 121 dniach wegetacji. Jako materiał badawczy wykorzystano wszystkie zebrane bulwy ziemniaka, których masa przewyższała 29 g. (badania Marksa i in. [2006] oraz Sobola i in. [2005] udowodniły, że bulwy ziemniaków mniejszych frakcji masowych i gabarytowych, bez względu na odmianę i czynniki uprawy kształtem zbliżone są do kuli). Po uprzednim umyciu bulw określono ich masę i wymiary. Do określenia masy bulwy użyto wagi laboratoryjnej o dokładności 0,1 g. Aby określić kształt bulw dokonano pomiaru (suwmiarką) bezpośredniego, z dokładnością do 1 mm, wyznaczając [Sobol i in. 2005; Skwarski 1996; Fleszer i in. 1993]:

- długość bulwy (a) – od nasady stolonu do wierzchołka bulwy,
- szerokość bulwy (b) – większy wymiar największego poprzecznego przekroju,
- grubość bulwy (c) – mniejszy wymiar największego poprzecznego przekroju.

Na podstawie pozyskanych wartości obliczono kolejne wskaźniki wymiarowo-masowe bulw ziemniaka:

- współczynnik kształtu określony jako iloraz szerokości i długości bulwy,
- współczynnik wydłużenia określony jako iloraz długości i szerokości bulwy,
- współczynnik spłaszczenia określony jako iloraz grubości i szerokości bulwy,
- masowy wskaźnik wypełnienia gabarytowego określony jako iloraz masy i iloczynu długości, szerokości i grubości bulwy.

Określono powiązania korelacyjne pomiędzy badanymi wskaźnikami a dawką jednostkowego promieniowania mikrofalowego a dla funkcji opisującej te zależności obliczono współczynnik determinacji. Aby ocenić istotność różnic uzyskanych wyników na poziomie  $\alpha=0,05$  dane poddano analizie wariancji. Wykorzystując test Kołmogorowa-Smirnova, stwierdzono, że badane rozkłady spełniają warunki rozkładu normalnego. Stosując test F-Snedecora oceniono jednorodność wariancji w badanych próbach a następnie testem t-Studenta określono istotne różnice pomiędzy badanymi kombinacjami doświadczenia.

## Wyniki badań

Wyniki uzyskane w trakcie badań w roku 2006, dotyczące zależności pomiędzy wybranymi cechami wymiarowo-masowymi bulw ziemniaka odmiany Felka Bona a promieniowaniem mikrofalowym, wskazywały na istotne zależności korelacyjne pomiędzy wskaźnikiem spłaszczenia bulw ziemniaka poddanych działaniu promieniowania mikrofalowego w zakresie  $11,1-104 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$  dawek jednostkowych (tab. 1).

Przyjmując kryterium podane przez Nowotnego [1972], wyrażające się wartością współczynnika kształtu, bulwy badanych odmian (dane zawarte w tabeli 2) kształtem odpowiadają okrągło-owalnemu. Według Marksa i in. [2006] oraz Sobola i współautorów [2005] kształt bulwy ziemniaka jest cechą odmianową. Zdaniem Budyna i in. [2003] kształt bulwy ziemniaka może być modyfikowany poprzez warunki, głównie glebowe, w jakich wzrastał. Dane publikowane przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Tabełarycznej charakterystyce odmian ziemniaka 2007 [2007] określają kształt bulw odmiany Velox jako owalny.

Tabela 1. Statystyczne zależności pomiędzy wielkością jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego (w zakresie  $11,1-104 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a wartością wskaźników biometrycznych w bulwach ziemniaków odmiany Felka Bona – rok badań 2006

Table 1. Statistical dependencies between the value of unit microwave radiation dose (within range of  $11.1-104 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ ) and the values of biometric indicators for Felka Bona variety potato tubers – research year 2006.

Rodzaj zależności	Współczynnik korelacji	Równanie regresji	Współczynnik determinacji
Wielkość dawki – współczynnik kształtu	0,58	$y = 0,004x + 2,01$	$R^2=0,34$
Wielkość dawki – współczynnik wydłużenia	0,61	$y = 0,05x + 1,2303$	$R^2=0,37$
Wielkość dawki – współczynnik spłaszczenia	0,74*	$y = 0,02x + 0,718$	$R^2=0,55$
Wielkość dawki – wskaźnik wypełnienia gabarytowego	0,55	$y = 0,0065x + 0,095$	$R^2=0,31$

\*istotny na poziomie  $\alpha=0,05$

Źródło: obliczenia własne autora

Tabela 2. Wymiary liniowe, masa i wartości wskaźników biometrycznych bulw badanych odmian ziemniaków  
 Table 2. Linear dimensions, mass and values of biometric indicators for tubers of the examined potato varieties

Odmiana ziemniaka i okres badań	Dane z lat 2006-2007		Dane z roku 2007			
	Felka Bona	Felka Bona kontrola	Velox	Velox kontrola	Rosara	Rosara kontrola
Średnia długość [cm]	7	6,9	6,9	6,8	7,8	7,6
Błąd standardowy średniej [cm]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Współczynnik zmienności [%]	7,1	8,2	11,2	12,0	9,6	10,8
Średnia szerokość [cm]	5,8	5,6	5,5	5,3	5,9	5,8
Błąd standardowy średniej [cm]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Współczynnik zmienności [%]	5,5	4,9	6,1	7,2	6,8	7,8
Średnia grubość [cm]	4,3	4,4	4,2	4,3	4,2	4,3
Błąd standardowy średniej [cm]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Współczynnik zmienności [%]	5,2	6,1	4,9	5,4	8,1	7,8
Średnia masa [g]	92	94	83	79	97	96
Błąd standardowy średniej [g]	1,2	1,4	0,9	0,8	1,1	1,0
Współczynnik zmienności [%]	11,4	15,2	9,8	9,4	10,2	9,9
Współczynnik wydłużenia	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,76
Współczynnik kształtu	1,21	1,23	1,25	1,28	1,30	1,30
Współczynnik spłaszczenia	0,74	0,79	0,76	0,8	0,71	0,74
Masowy wskaźnik wypełnienia gabarytowego	0,53	0,55	0,52	0,51	0,50	0,50

Źródło: obliczenia własne autora

Wartości wskaźnika wydłużenia w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego były większe od wartości uzyskanych w próbach kontrolnych o 2,5% dla odmian Felka Bona i Velox. Wartości wskaźnika kształtu w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego były mniejsze od wartości uzyskanych w próbach kontrolnych o 1,6% i 2,4% dla odmian Felka Bona i Velox. Wartości wskaźnika wypełnienia gabarytowego w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego były mniejsze od wartości uzyskanych w próbach kontrolnych o 3,8% dla odmian Felka Bona a dla odmiany Velox większe o 1,9%. Wartości wskaźników wydłużenia, kształtu i wypełnienia gabarytowego w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego i w próbach kontrolnych odmiany Rosara nie różniły się wartościami. Dla wszystkich badanych odmian wartość wskaźnika spłaszczenia w próbach kontrolnych była większa od wartości uzyskanych w próbach poddanych działaniu pola mikrofalowego - wartość wskaźnika spłaszczenia w próbach kontrolnych odmiany Felka Bona była większa o 6,7%, w odmianie Velox 5% i 4,1% w odmianie Rosara.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne (na poziomie  $\alpha=0,05$ ) różnice pomiędzy próbami poddanymi działaniu promieniowania mikrofalowego a próbami kontrolnymi jedynie pomiędzy wartościami współczynnika spłaszczenia bulw ziemniaka odmiany Felka Bona przy zastosowanych jednostkowych dawkach promieniowania mikrofalowego w zakresie  $9,8-203,6 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$  i czasach ekspozycji 5-25 s.

Poszukiwanie zależności...

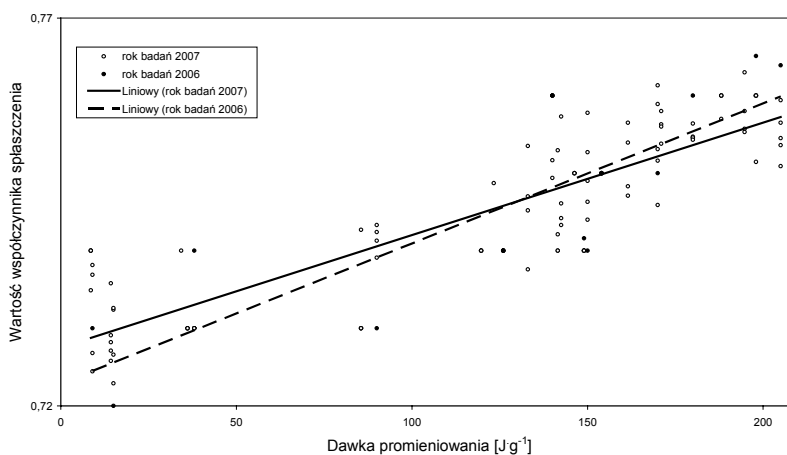
Tabela 3. Statystyczne zależności pomiędzy wielkością jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego (w zakresie 9,8-203,6 J·g<sup>-1</sup>) a wartością wskaźników biometrycznych bulw ziemniaków odmian Felka Bona, Velox i Rosara – rok badań 2007

Table 3. Statistical dependencies between the value of unit microwave radiation dose (within range of 9.8-203.6 J·g<sup>-1</sup>) and the values of biometric indicators for Felka Bona, Velox and Rosara variety potato tubers – research year 2007

Rodzaj zależności	Odmiana ziemniaka	Współczynnik korelacji	Równanie regresji	Współczynnik determinacji
Wielkość dawki – współczynnik kształtu	Felka Bona	0,58	$y = 0,004x + 2,01$	$R^2=0,34$
	Velox	-0,41	$y = -0,6919x + 18,09$	$R^2=0,17$
	Rosara	0,52	$y = 0,2234x + 10,25$	$R^2=0,27$
Wielkość dawki – współczynnik wydłużenia	Felka Bona	0,61	$y = 0,05x + 1,2303$	$R^2=0,37$
	Velox	0,6	$y = 0,598x + 0,98$	$R^2=0,36$
	Rosara	0,51	$y = 0,2974x + 11,2$	$R^2=0,26$
Wielkość dawki – współczynnik spłaszczenia	Felka Bona	0,84*	$y = 0,02x + 0,7237$	$R^2=0,70$
	Velox	-0,38	$y = -0,1998x + 11,12$	$R^2=0,15$
	Rosara	0,49	$y = 0,3644x + 12,565$	$R^2=0,24$
Wielkość dawki – wskaźnik wypełnienia gabarytowego	Felka Bona	0,55	$y = 0,0065x + 0,095$	$R^2=0,31$
	Velox	-0,4	$y = -0,2234x + 9,2487$	$R^2=0,16$
	Rosara	0,36	$y = 0,0003x + 5,263$	$R^2=0,13$

\*istotny na poziomie  $\alpha=0,05$

Źródło: obliczenia własne autora



Źródło: obliczenia własne autora

Rys. 1. Linie trendu dla zależności pomiędzy współczynnikiem spłaszczenia bulwy ziemniaka odmiany Felka Bona a jednostkową dawką promieniowania mikrofalowego

Fig. 1. Trend lines for relation between flattening coefficient of Felka Bona variety potato tuber and unit microwave radiation dose

## Wnioski

1. Wyniki badań wskazały na statystycznie istotne różnice pomiędzy próbami kontrolnymi a próbami poddanymi działaniu pola mikrofalowego (w przyjętych w doświadczeniu wartościach jednostkowych dawek promieniowania i czasach ekspozycji) w zakresie uzyskanych wartości wskaźnika spłaszczenia bulw ziemniaka odmiany Felka Bona.
2. Współczynniki korelacji między wartością wskaźnika spłaszczenia bulw ziemniaka odmiany Felka Bona a dawką jednostkową promieniowania w zakresie przyjętych do badań dawek jednostkowych i czasów ekspozycji w polu mikrofalowym wynosiły 0,74 w roku 2006 i 0,84 w roku 2007.
3. W przyjętych w doświadczeniu wartościach jednostkowych dawek promieniowania i czasach ekspozycji pole mikrofalowe nie modyfikowało istotnie badanych cech wymiarowo-masowych w bulwach roślin potomnych odmian ziemniaków Velox i Rosara a w odmianie Felka Bona nie miało istotnego wpływu na wskaźniki: kształtu, wydłużenia i wypełnienia gabarytowego

## Bibliografia

- Budyn P., Frančak J., Kielbasa P.** 2003. Wpływ gatunku gleby na wybrane parametry bulw odmiany Irga i Baszta. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 11(53). Kraków. s. 29-34.
- Fleszer J., Fabian H.** 1993. Badania zależności wymiarowo-masowych bulw ziemniaka. *Zeszyt naukowy nr 15. WMWSI. Koszalin*. s. 6-21.
- Jakubowski T.** 2006. Wpływ mikrofalowej stymulacji sadzeniaków ziemniaka na wzrost i rozwój roślin potomnych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(94). Kraków. s. 49-56.
- Jakubowski T.** 2007. Wpływ promieniowania mikrofalowego na dynamikę wzrostu kielków bulwy ziemniaka. *Materiały konferencyjne IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej” we Wrocławiu*. s. 116-117.
- Kuc P., Zimny L.** 2005. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego uprawianego w warunkach różnych systemów uprawy. *Annalas Vol. LX, Sectio E. Lublin*. s. 133-143.
- Kielbasa P.** 2005. Ocena wybranych cech fizycznych bulw ziemniaków. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(66). s. 305-313.
- Marks N., Baran D., Sobol Z.** 2006. Wpływ wymiarów na zależność pomiędzy kształtem a objętością bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12(87). s. 341-349.
- Marks N., Jakubowski T.** 2005. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(81). s. 57-64.
- Nowotny F.** 1972. *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego* (praca zbiorowa pod redakcją F. Nowotnego). WNT Warszawa. s.27-28.
- Skwarski B.** 1996. Modelowanie kształtu bulw ziemniaka. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych nr 443*. s.365-373.
- Sobol Z., Baran D., Marks N.** 2005. Relacje pomiędzy objętością a kształtem bulw wybranych odmian ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(67), s.289-295.
- 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.

Metodyka integrowanej produkcji ziemniaków. 2005. Wydawnictwo PIORIN. Warszawa. s. 8-38.  
Tabelaryczna charakterystyka odmian ziemniaka. 2007. Publikacja Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin [online]. Radzików. IHAR 2003 [dostęp 14-10-2007]. Dostępny w internecie: [http://www.ihar.edu.pl/tabelaryczna\\_charakterystyka\\_odmian\\_ziemniaka.php](http://www.ihar.edu.pl/tabelaryczna_charakterystyka_odmian_ziemniaka.php)

## **SEARCHING FOR DEPENDENCIES BETWEEN SELECTED BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF POTATO TUBERS AND MICROWAVE RADIATION**

**Abstract.** The purpose of the work was to find dependencies between selected biometric characteristics of potato tubers and microwave radiation. Three very early potato varieties were examined during the experiment: Felka Bona, Velox and Rosara. For all examined varieties, the value of flattening index in check samples was higher than the values obtained for samples exposed to microwave field - the value of flattening index for Felka Bona variety check samples was 6.7% higher, for Velox variety - 5% higher, and for Rosara variety - 4.1% higher. Statistically significant differences in range of obtained potato tuber flattening index values were found for Felka Bona variety potato tubers.

**Key words:** potato, microwave radiation, biometric characteristics of a tuber

**Adres do korespondencji:**

Tomasz Jakubowski, e-mail: [tjakubowski@ar.krakow.pl](mailto:tjakubowski@ar.krakow.pl)  
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 116 B  
30-149 Kraków

