

POMIAR METODĄ WIDEO-KOMPUTEROWĄ PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH BULW ZIEMNIAKA

Piotr Nawara, Barbara Krzysztofik

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: piotrnawara@wp.pl

Streszczenie. Zbudowano stanowisko badawcze i opracowano metodykę przygotowywania prób do przeprowadzenia pomiarów metodą wideo-komputerową parametrów geometrycznych takich jak: długość, szerokość, grubość oraz objętość bulw ziemniaka. Przeprowadzone badania dotyczyły odmiany Salto. Otrzymane wyniki porównano z pomiarami wykonanymi suwmiarką i wagą hydrostatyczną. Zaprojektowane stanowisko do pomiaru wybranych parametrów geometrycznych i program do analizy obrazu pozwala na szybszy pomiar wybranych parametrów i dalszą obróbkę komputerową w porównaniu z metodami tradycyjnymi.

Słowa kluczowe: bulwa ziemniaka, kamera, parametry geometryczne

WSTĘP

Przyjmowana przez wielu autorów klasyfikacja cech fizycznych surowców roślinnych, ważnych z punktu widzenia ich separacji lub przetwarzania jest różna. Na ogół dzieli się właściwości fizyczne na 7 grup podstawowych (Byszewski; Haman 1977). Kształt bulw związany jest głównie z odmianą, ale może on ulegać zmianom pod wpływem środowiska. Z badań nad tą cechą wiadomo, że podlega ona zmienności środowiskowej w średnim stopniu. Na kształt bulw w małym stopniu wpływa także uprawa gleby, pielęgnacja oraz nawożenie (Zarzyńska 1997).

Podczas analizy procesów sortowania interesująca jest grupa charakterystyk, zwanych wskaźnikami kształtu. Aby scharakteryzować kształt bulwy, trzeba dysponować co najmniej dwoma wskaźnikami.

Najczęściej do scharakteryzowania kształtu stosowany jest współczynnik wydłużenia. Chociaż Gilewicz (1979) uważa, że drugim istotnym wskaźnikiem kształtu jest współczynnik spłaszczenia bulw (Skwarski 1996).

Większość badaczy stosuje do opisu typów użytkowych bulw ziemniaka pojęcia: okrągły, okrągło-owalny, owalny, owalno-podłużny, podłużny. W większości prac badawczych, dotyczących teorii procesów roboczych, przyjmuje się bez uzasadnienia, że kształt bulw oscyluje wokół najbliższego geometrycznego kształtu jakim jest elipsoida, a w niektórych przypadkach dla uproszczenia rozważań teoretycznych jako model bulwy przyjmuje się kulę (Skwarski 1996).

Według Gilewicza (1979) opis matematyczny materiału biologicznego, jaki stanowią bulwy ziemniaka, można przedstawić przy pomocy funkcji uwikłanej w postaci $f(x,y,z) = 0$, a w niektórych szczególnych przypadkach możliwe jest przejście do postaci jawnej: $z = f_1(x, y)$, $y = f_2(x, z)$, $x = f_3(y, z)$.

Kształt bulw ziemniaka można wyrazić za pomocą odpowiedniej bryły geometrycznej posiadającej formalny opis w postaci równań analitycznych. Pozwalają one na określenie płaskich figur geometrycznych, których równania analityczne są definiowalne w przestrzeni kartezjańskiej. Zaś ich kształt oddaje wiernie kształt bulw. Spośród takich figur znana jest elipsa i owal Casini'ego. Modele te istotnie różnią się dokładnością opisującą powierzchnię przekrojów ortogonalnych bulw ziemniaka. Większą dokładność odwzorowania powierzchni przekroju poprzecznego bulw ziemniaka zapewnia model z krzywą drugiego stopnia, jaką jest elipsa. Największą dokładność opisu powierzchni przekrojów za pomocą elipsy, stwierdzono dla odmian oraz przekrojów charakteryzujących się największymi wartościami współczynnika wydłużenia. Największe wartości błędów względnych opisu teoretycznego powierzchni przekrojów występowały przy odmianach, których bulwy miały kształt zbliżony do kulistego (Skwarski 1996).

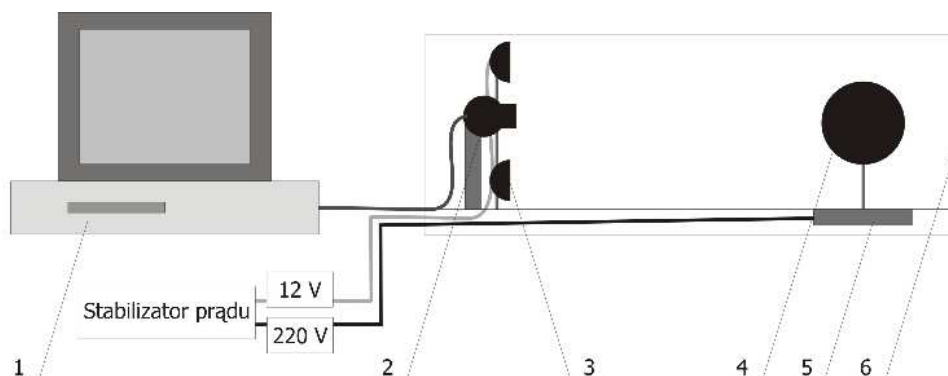
Celem niniejszej pracy było przygotowanie stanowiska do pomiaru metodą video-komputerową parametrów geometrycznych bulw ziemniaka i opracowanie metodyki pomiaru.

MATERIAŁ I METODYKA

Obiektem badań były bulwy ziemniaka odmiany SALTO, którym przypisano kształt okrągło-walny. Parametrami bulw ziemniaka są: a – długość, b – szerokość, c – grubość i V – objętość. W celu sprawdzenia wybranych parametrów geometrycznych wykonano pomiary przy pomocy suwmiarki, a objętość (V) wyznaczono metodą wagową i wagą hydrostatyczną, wykorzystując prawo Archimedesesa.

Bulwy poddane analizie należały do plonu handlowego (powyżej 40 mm), bez wad, uszkodzeń i deformacji. Analizie poddano 300 bulw.

Stanowisko video-komputerowe do określenia parametrów geometrycznych kształtu bulwy ziemniaka przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Stanowisko do pomiaru wybranych parametrów bulw ziemniaka: 1 – komputer, 2 – kamera, 3 – źródło światła, 4 – obiekt (bulwa), 5 – silnik, 6 – białe tło

Fig. 1. Test station for measurement of chosen parameters of potato tubers: 1 – computer, 2 – camera, 3 – light, 4 – object, 5 – motor, 6 – white background

Stanowisko przed pomiarem parametrów bulw zostało przetestowane (przekalibrowane) dla 3 wzorców (kule o średnicach 40, 50 i 60 mm). Objętość wzorców wyliczona została zgodnie ze wzorem:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \quad (1)$$

Po kalibracji, badana próbka była mierzona, ważona i filmowana kamerą o rozdzielczości 648x480, 20 klatek na sekundę, przez 10 sekund, w systemie koloru RGB do formatu AVI (200 klatek = 180° kąt obrotu obiektu). Następnie program komputerowy przeprowadzał analizę filmu wykonując następujące zadania:

1. utworzyć główny plik, w którym pobierane są opcje wejściowe (otwieranie filmu i okienek),
2. utworzyć pliki dodatkowe:
 - plik, w którym są funkcje obsługi okien, rysowania w nich kolejnych pixmap z klatkami filmowymi i wynikami obróbki obrazu,
 - plik wykonujący dwie funkcje:
 - 1) funkcja pierwsza, która zajmuje się konwersją klatki, tworzone są tam dwie tablice - jedna z danymi obrazu typu RGBP (R – czerwony, G – zielony, B – niebieski, P – przezroczysty) używane do wyświetlania filmu w pierwszym okienku; druga tablica zawiera zsumowane składowe R+G+B; oraz liczona jest także średnia jasność,
 - 2) funkcja druga, która wykonuje obliczenia. Algorytm przetwarzania obrazu, aby określić kontury obiektu wykorzystuje poprzednio wyli-

czoną średnią jasność. W pierwszej pętli bierze tablice wyników i jeśli jasność punktu jest niższa niż średnia jasność, to w tablicy ustawia ciemny piksel, jeśli zaś wyższa, to piksel biały. Tablica wyświetlana jest w drugim okienku, następnie jest przeczesywana wzdłuż i w szerz oraz liczona jest długość ciemnej linii (wybierana największa wartość),

- plik, w którym są zaimplementowane funkcje do wpisywania wyliczonych danych do pliku tj. długość, szerokość, grubość i objętość.

Do pomiaru długości, szerokości i grubości zastosowano suwmiarkę, a do wyznaczenia objętości bulw metodą wagową (do porównania objętości bulw ziemniaka) wykorzystano automatyczną wagę WPS 510/C/1 wraz z oprogramowaniem, które pozwalało na zapisywanie wyników pomiarów bezpośrednio na komputerze. Waga podczas pomiaru znajdowała się na specjalnym, antywstrząsowym stole. Badane bulwy ważono w powietrzu a następnie w wodzie destylowanej (w trakcie badań monitorowano temperaturę wody). Objętości bulw ziemniaka wyliczono z prawa Archimidesa i wagi hydrostatycznej zgodnie z wzorem:

$$V = \frac{G - G_w}{\gamma_w} \text{ (mm}^3\text{)} \quad (2)$$

gdzie: V – objętość bulw ziemniaka (mm^3),
 G – masa bulw ziemniaka ważonego w powietrzu (g),
 G_w – masa bulw zanurzonych w wodzie (g),
 γ_w – gęstość wody destylowanej ($\text{g}\cdot\text{mm}^{-3}$).

WYNIKI BADAŃ

Podczas kalibrowania wzorców stwierdzono błąd względny badanych parametrów dla wzorców 40, 50 i 60 mm od 0,74% do 1,24% (tab. 1). Wraz ze wzrostem średnicy błąd był wyższy około 0,2%. Błąd względny dla podstawowych parametrów bulw ziemniaka wynosił 0,69% dla grubości; 1,13 dla szerokości i 1,22% dla długości. Natomiast podczas badania bulw kształtnych z trzech przedziałów błąd względny dla poszczególnych przedziałów wynosił 3,01% dla bulw 40-50 mm, 2,82% dla bulw 50-60 mm i 3,89% dla bulw powyżej 60 mm. Błąd względny między wzorcem a parametrami bulw był na porównywalnym poziomie.

W odniesieniu do objętości (tab. 2.) dla wzorców, została ona wyliczona zgodnie z wzorem (1). Po obliczeniu porównano z metodą wideo-komputerową błąd względny wynosił 2,1%. A podczas badania bulw kształtnych w porównaniu z metodą wagową, błąd dla poszczególnych przedziałów wynosił 3,73% dla bulw 40-50 mm, 3,81% dla bulw 50-60 mm i 3,98% dla bulw powyżej 60 mm.

Tabela 1. Podstawowe parametry wzorców i bulw kształtnych (mm)
Table 1. Basic parameters of patterns and potato tubers (mm)

Wzorce Patterns (średnica diameter) (mm)	Pomiar suwmiarką Calliper measurement (mm)	Metoda wideo- komputerowa Video-computer method (mm)	Błąd względny procentowy Relative percentage error
d = 40	40,20	41,73	0,74
d = 50	50,10	51,13	1,06
d = 60	60,10	61,43	1,24
Parametry bulw (mm) Potato tuber parameters (mm)	–	–	–
długość length	60,20	61,41	1,22
szerokość width	50,30	51,45	1,13
grubość thickness	40,40	41,13	0,69
Fracja Fraction (mm)	–	–	–
40-50	44,36	46,73	3,01
50-60	56,67	57,95	2,82
> 60	67,38	70,40	3,89

Tabela 2. Objętość wzorców i bulw kształtnych (mm³)
Table 2. Volume of patterns and of shapely tubers (mm³)

Wzorce Patterns (średnica diameter) (mm)	Obliczona objętość Calculated volume (mm ³)	Metoda wideo- komputerowa Video-computer method (mm ³)	Błąd względny Relative error (%)
40	33510	33612	2,18
50	65449	65650	2,06
60	113097	113599	2,14
Fracja Fraction (mm)	Metoda wagowa Weight method (mm ³)	Metoda wideo- komputerowa Video-computer method (mm ³)	Błąd względny Relative error (%)
40-50	54622	56103	2,93
50-60	97960	100701	3,11
> 60	147138	149895	3,31

Reasumując, należy stwierdzić, że zaprojektowane stanowisko do pomiaru wybranych parametrów geometrycznych i program do analizy obrazu pozwala na szybszy pomiar wybranych parametrów i dalszą obróbkę komputerową w porów-

naniu z metodami tradycyjnymi (np. wagową). Uzyskany błąd pomiarowy wyników jest na niewielkim poziomie i waha się od 0,69% do 3,31%.

WNIOSKI

1. Średni błąd pomiarowy parametrów geometrycznych bulw ziemniaka mierzonych metodą wideo-komputerową (długość, szerokość i grubość) wynosi od 0,69 do 1,22 %.
2. Procentowy błąd względny pomiaru objętości wynosi od 2,93 do 3,31.
3. Program pozwala na szybkie uzyskanie podstawowych parametrów bulw ziemniaka takich jak długość, szerokość, grubość i objętość.

PIŚMIENNICTWO

- Byszewski W., Haman J., 1977. Gleba – maszyna – roślina, PWN, Warszawa.
- Zarzyńska K., 1997. Czynniki wpływające na kształt i wielkość bulw ziemniaka. *Ziemniak Polski*, nr 4, 4-9.
- Gilewicz K., 1979. Analiza kształtu i wymiarów kłębów ziemniaczanych jako cech rozdzielczych w procesie sortowania. *Rocz. Nauk Roln.*, C-74-1.
- Skwarski B., 1996. Modelowanie kształtu bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Nauk Roln.*, z. 443. 365-373.

MEASUREMENT OF GEOMETRIC PARAMETERS OF POTATO TUBERS USING A VIDEO-COMPUTER METHOD

Piotr Nawara, Barbara Krzysztofik

Agricultural and Food Technology Section, Agricultural University
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: piotrnawara@wp.pl

Abstract. A test station was constructed and a methodology of sample preparation was developed for the measurement of geometric parameters of potato tubers using a video-computer method. The parameters measured included the length, width, thickness and volume of potato tubers and the tests were made for tubers of the Salto variety. The results obtained were compared with measurements performed using vernier callipers and a hydrostatic balance. The test station designed for the measurement of selected geometric parameters of potato tubers and image analysis software permit faster measurement of the selected parameters, as compared to traditional methods, as well as further computer processing of acquired images and data.

Keywords: potato tuber, camera, geometric parameters