

## WPLYW WARUNKÓW PRZECHOWYWANIA NA JĘDRNOŚĆ KORZENIA BURAKA ĆWIKŁOWEGO

*Tomasz Hebda, Andrzej Złobecki*

*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie wpływu warunków i okresu przechowywania korzeni buraków ćwikłowych na ich jędrność. Jest to jeden z ważnych parametrów oceny jakości warzyw. W badaniach pokazano, jaki wpływ na ten parametr ma okres przechowywania buraka ćwikłowego odmiany Czerwona Kula w piwnicy i chłodni. Badania obejmowały pomiar maksymalnej siły uzyskanej w teście na ściskanie próbek w kształcie walca i kostki sześciennnej. Były one przeprowadzone zaraz po zbiorze i w okresie czteromiesięcznego przechowywania, w cyklu trzytygodniowym. Analiza uzyskanych wyników wskazała występowanie jednorodności grup, które świadczyły o zmienności jakości buraków wraz z upływającym czasem. Przeprowadzona analiza regresji pozwoliła na uzyskanie funkcji o największym dopasowaniu wyników badań do modelu teoretycznego.

**Słowa kluczowe:** burak ćwikłowy, okres przechowywania, jędrność, kształt próbki

### Wstęp

Ze względu na odmienną budowę, sposób przechowywania i przeznaczenie warzyw, parametry i metody określania ich jakości różnią się zasadniczo. Warzywa zawierają głównie tkanki mięszu, którego właściwości mechaniczne są zależne od turgoru, czyli stanu jędrności żywej komórki. Przekroczenie dopuszczalnego poziomu obciążenia może skutkować uszkodzeniami wywołującymi straty, wynikające z obniżenia jakości i infekcji patogenów. Jedną z najważniejszych cech decydujących o jakości warzyw jest ich podatność na uszkodzenia mechaniczne. Przy badaniu jakości najważniejszym kryterium jest jędrność. Jest ona również najłatwiejszą cechą do oceny tekstury (Bohdziewicz, 2006; Bohdziewicz i Czachor, 2010; Hebda i in., 2012; Czachor, 2006; Kolowca i Złobecki, 2012; Puchalski, 2001).

Burak ćwikłowy przechowuje się najlepiej ze wszystkich warzyw korzeniowych, pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej temperatury i wilgotności powietrza. Optymalne warunki przechowywania umożliwia temperatura 1 do 2°C i wilgotność względna powietrza 95-98%. Do dalszego przechowywania trzeba je przebrać. W dobrze założonych kopcach korzenie przechowują się prawie bez strat. W czasie przechowywania przez 5 miesię-

cy zawartość suchej masy, cukrów oraz barwników niewiele się obniża, natomiast już po miesiącu następuje wyraźny spadek azotanów (Babik, 2004; Adamicki, 2006).

W chłodni buraki można składować w skrzynkach z tworzyw sztucznych o ładowności 20 kg lub na paletach skrzyniowych po 400-600 kg. Ustawienie ładunków paletowych oraz palet skrzyniowych w komorze chłodniczej powinno zapewnić prawidłową cyrkulację powietrza, zapewniającą utrzymanie temperatury i wilgotności względnej powietrza na optymalnym poziomie. Załadunek komory i schłodzenie buraków nie powinno trwać dłużej niż 5-6 dni (Zych, 2005).

## **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów właściwości mechanicznych korzeni buraków ćwikłowych przy pomocy testu ściskania próbek w kształcie walca i kostki podczas długotrwałego przechowywania w chłodni i piwnicy.

## **Materiał i metody**

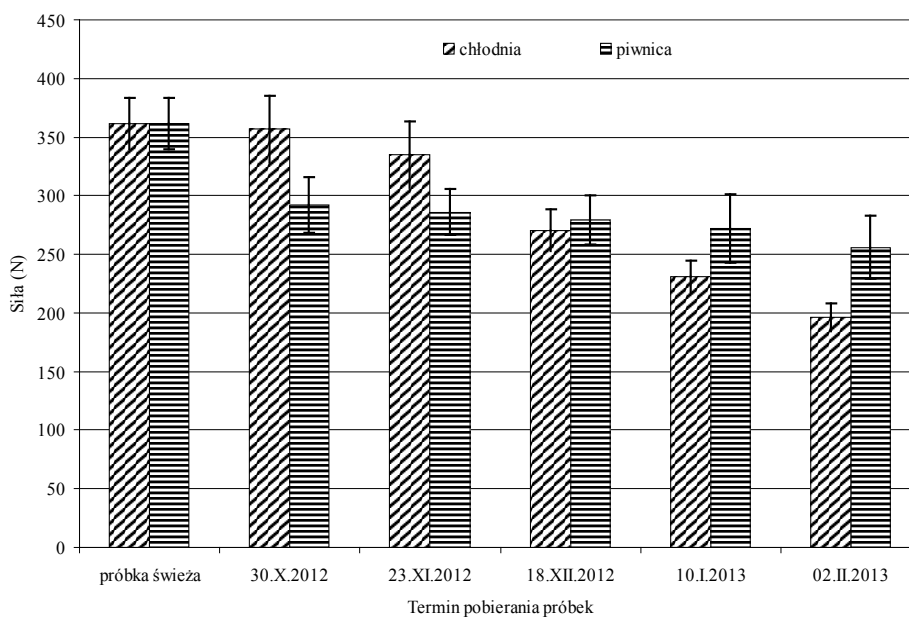
Badania zostały przeprowadzone w laboratorium Katedry Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Badania wykonano na burakach ćwikłowych odmiany Czerwona Kula, przechowywanych w piwnicy i chłodni zwykłej. Badania przeprowadzono zaraz po zbiorze i w okresie czteromiesięcznego przechowywania, w cyklu trzytygodniowym.

Próbki zostały podzielone na dwie części i rozłożone równomiernie w skrzynkach z tworzywa sztucznego. Jedną część materiału przechowywano w piwnicy o temperaturze 2-4°C, a drugą w chłodni zwykłej (o temperaturze 3-5°C). Wilgotność względna w obu pomieszczeniach wynosiła 95% +/-2%. Piwnica była nieogrzewana, dzięki czemu w czasie przechowywania temperatura powietrza była porównywalna z temperaturą w chłodni. Pozwoliło to na założenie, że materiał do badań był jednorodny pod względem wilgotności. Pierwszy pomiar przeprowadzono na świeżych warzywach, a kolejne na materiale przechowywanym, osobno dla próbek z piwnicy i z chłodni zwykłej. Próbki do badań były przygotowane w kształcie walca o wymiarach: 15 mm wysokości i 10 mm średnicy oraz kostki sześciiennej o boku 10x10x10 mm.

Po przygotowaniu próbek wykonano badania przy pomocy maszyny wytrzymałościowej Insight II firmy MTS współpracującej z komputerem. Badany materiał umieszczono na dolnej płytce dociskowej, następnie uruchamiano za pomocą programu TestWorks 4 przesuw górnej płytki dociskowej. Poruszała się ona w teście ze stałą prędkością 10 mm·min<sup>-1</sup>. Maksymalna siła obciążająca wynosiła 2000 N. Badanie było prowadzone do momentu zniszczenia próbki, a zarejestrowane dane były analizowane i przedstawiane w formie wykresu siła – przemieszczenie. Wykonano każdorazowo po 20 powtórzeń dla każdego kształtu próbki. Badania zostały powtórzone 6 razy w trzytygodniowym odstępie czasowym.

## Wyniki badań

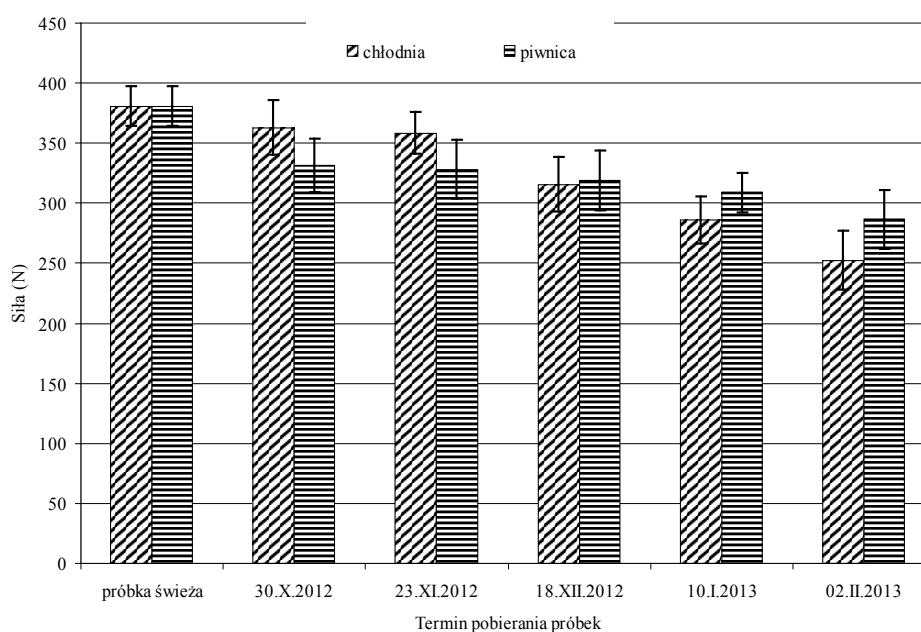
Uzyskane wyniki przedstawiono w formie wykresów. Na rysunku 1 przedstawiono zestawienie wyników testów na ściskanie próbek w kształcie sześciątów przechowywanych w piwnicy i chłodni zwykłej. Wykres pokazuje, że wartość siły jaka była potrzebna do zniszczenia próbki znajduje się w przedziale od 359 N do 196 N. Analizując wyniki, można zauważyć, że na początku przechowywania (30 X 2012 r. i 23 XI 2012 r.) większe wartości uzyskiwały próbki przechowywane w chłodni. Różnice te wynoszą odpowiednio 59 N i 65 N. Fakt ten mógłby sugerować, że materiał lepiej będzie się przechowywał w chłodni zwykłej. Jednak podczas czwartego pomiaru wartości osiągają niemalże ten sam poziom, powyżej 270 N i od tego momentu lepsze wyniki osiągają próbki przechowywane w piwnicy. Ostatecznie z przeprowadzonych badań wynika, że buraki lepiej przechowywały się w piwnicy, ponieważ różnica procentowa spadku siły między świeżą próbką a próbką z ostatniego badania wynosiła kolejno: dla piwnicy 30%, dla chłodni zwykłej 46%.



*Rysunek 1. Wartości siły potrzebnej do zniszczenia próbek w kształcie sześcianu pobranych z buraków przechowywanych w piwnicy i chłodni*  
*Figure 1. Values of power necessary to destroy a cube samples collected from beetroots stored in a cellar or a freezer*

Na rysunku 2 przedstawiono zestawienie wyników testów na ściskanie próbek w kształcie walca przechowywanych w piwnicy i chłodni. Wartość siły uzyskanej w teście wynosi od 381 N do 253 N. Dane umieszczone na wykresie pokazują, że różnica między

próbki przechowywanymi w piwnicy i chłodni wynosi 30 N i 31 N dla drugiego i trzeciego pomiaru, następnie wartości sił dochodzą do pewnego stałego punktu, w którym osiągają wartość około 320 N, a różnica między nimi wynosi zaledwie 3 N. Podczas badania wykonanego w dniu 02 II 2013 r. wartość siły potrzebnej do zniszczenia próbek wyniosła 253 N i 287 N dla próbek wyciętych z buraków przechowywanych odpowiednio w chłodni i piwnicy. Ostateczna analiza wykazała, że lepiej przechowywały się próbki w piwnicy, co popiera wynik 25% spadku siły, w przeciwieństwie do próbek przechowywanych w chłodni, gdzie badana wartość była niższa o 46% w stosunku do świeżej próbki.



Rysunek 2. Wartości siły potrzebnej do zniszczenia próbek w kształcie walca pobranych z buraków przechowywanych w piwnicy i chłodni  
 Figure 2. Values of power necessary to destroy a cylinder samples collected from beetroots stored in a cellar or a freezer

W celu określenia wpływu *okresu* i *miejsca przechowywania* buraków ćwikłowych na ich jakość, określoną poprzez ocenę maksymalnej siły potrzebnej do zniszczenia próbki, wykonano test analizy wariancji w klasyfikacji trzyczynnikowej, gdzie za czynniki główne przyjęto *okres* i *miejsce przechowywania* oraz *kształt* badanej próbki. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1.

Wpływ warunków przechowywania...

Tabela 1  
*Wyniki testu analizy wariancji*  
 Table 1  
*Results of analysis of variance test*

Efekt	Stopnie swobody	F	p
<i>Miejsce przechowywania</i>	1	0,08	0,778
<i>Kształt próbki</i>	1*	68,82*	0,000*
<i>Okres przechowywania</i>	5*	64,08*	0,000*
Błąd	456	-	-

\* - różnice istotne

Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy przyjętym poziomie istotności ( $\alpha=0,05$ ) czynnik *miejsce przechowywania* okazał się statycznie nieistotny ( $p=0,778$ ). Stwierdzono natomiast istotność wpływu czynników *kształt próbki* i *okres przechowywania*, dla którego przeprowadzono szczegółową analizę testem Duncana.

Tabela 2  
*Test Duncana dla czynnika okres przechowywania*  
 Table 2  
*Duncan test for the storing time factor*

Czynnik główny	Grupy homogeniczne					
	X <sub>6</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>
Okres przechowywania	gdzie: X <sub>1</sub> = 363,33(N), X <sub>2</sub> = 335,84(N), X <sub>3</sub> = 329,35(N), X <sub>4</sub> = 296,10(N), X <sub>5</sub> = 274,34(N), X <sub>6</sub> = 247,86(N). gdzie: X <sub>1</sub> =świeża próbka, X <sub>2</sub> =30.10.2012, X <sub>3</sub> =23.11.2012, X <sub>4</sub> =18.12.2012, X <sub>5</sub> =10.01.2013, X <sub>6</sub> =02.02.2013					

\* - różnice nieistotne podkreślono

W przypadku czynnika *okres przechowywania* zaobserwowano istnienie jednej grupy jednorodnej. Występuje ona pomiędzy badaniami przeprowadzonymi w dniach 30 X 2012 i 23 XI 2012. Występowanie grupy jednorodnej świadczy o pewnym spowolnieniu zmian w jędrności w badanym okresie.

Dla przeanalizowania rodzaju zależności czynników, dla których stwierdzono istotność wpływu na jędrność buraków, przeprowadzono analizę regresji i stwierdzono, że najlepszy stopień dopasowania krzywych teoretycznych (testowano funkcje postaci liniowej, wykładniczej i logarytmicznej) do rzeczywistej jędrności buraków (ocenianych poprzez współczynnik determinacji  $R^2$ ) uzyskano dla funkcji następującej postaci:

$$y = -a \cdot x + b \quad (1)$$

gdzie:

- y – jędrność (N),
- x – okres przechowywania,
- a, b – stałe modelu.

Wyniki tej aproksymacji przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3  
*Wyniki estymacji nieliniowej dla uzyskanych danych*  
 Table 3  
*Results of non-linear estimation for the obtained data*

Kształt próbki	Stałe modelu		
	a	b	R <sup>2</sup> (%)
Sześcienna	-15,61	380,47	85,50
Walcowa	-42,50	447,74	81,00

## Wnioski

1. Największy spadek jędrności między badanymi próbkami zaobserwowano w burakach (próbki w kształcie kostek sześciennych) przechowywanych w chłodni (różnica wyniosła 46% w całym okresie objętym badaniem). Natomiast najmniejszy wystąpił w próbkach (kształt walca) przechowywanych w piwnicy – różnica wyniosła 25%.
2. Przeprowadzone testy statystyczne potwierdziły wcześniejsze spostrzeżenia. Z przeprowadzonej analizy wariancji wynika, że istotny wpływ na jędrność buraków ma *okres przechowywania*. Dla tego czynnika przeprowadzono test Duncana, dzięki któremu zauważono istnienie jednej grupy homogenicznej, występującej pomiędzy okresem badawczym przeprowadzonym w dniach 30 X 2012 i 23 XI 2012.
3. Spośród testowanych funkcji najlepsze dopasowanie krzywej teoretycznej do wyników badań uzyskano dla funkcji postaci liniowej.

## Literatura

- Adamicki, F. (2006). *Sposoby przechowywania warzyw: cebulowych, korzeniowych, kapustnych*. Warszawa, Wydawnictwo Hortpress, ISBN 838921167X.
- Babik, J. (2004). *Ekologiczne metody uprawy buraka ćwikłowego*. Radom, Wydawnictwo GP RCDRRiOW, ISBN 83-89060-30-2.
- Blahovec, J. (2007). Role of water content in food and product texture. *Int. Agrophysics*, 21, 209-215.
- Bohdziewicz, J. (2006). Właściwości mechaniczne warzyw o kształcie kulistym. *Inżynieria Rolnicza*, 5(80), 49-57.
- Bohdziewicz, J.; Czachor, G. (2010). Wpływ obciążenia na przebieg odkształcenia warzyw o kształcie kulistym. *Inżynieria Rolnicza*, 1(119), 85-91
- Czachor, G. (2006). Dynamika procesów zachodzących w ściskanej tkance buraka ćwikłowego. *Inżynieria Rolnicza*, 13(88), 69-77.
- Hebda, T.; Frączek, J.; Łapczyńska-Kordon, B. (2012). Wpływ czasu przechowywania na wybrane cechy jakościowe korzenia selera. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 3(6), 65-77.
- Kolowca, J.; Złobecki, A. (2012). Właściwości reologiczne wysoko uwodnionych ciał stałych pochodzenia roślinnego. *Acta Agrophysica*, 19(4), 725-736.

Puchalski, C. (2001). Metodyczne aspekty badania tarcia i jędrności jabłek pod kątem oceny ich jakości. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*, 275.

Zych, A. (2005). *Metodyka integrowanej produkcji buraka ćwikłowego*. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa Główny Inspektora. Pozyskano z: <http://piorin.gov.pl>

## IMPACT OF STORAGE CONDITIONS ON BEETROOT FIRMNESS

**Abstract.** The objective of the paper was to determine the impact of conditions and storage period of beetroots on their firmness. It is a significant assessment parameter of vegetables quality. The research showed how storing time of Red ball beetroot in a cellar or a freezer influences this parameter. The research covered measurement of the maximum power obtained in the compression test of cylinder and cube shaped samples. They were carried out soon after cropping and in the period of 4-months storing in a three-weeks cycle. Analysis of the obtained results showed uniformity of groups, which proved variability of beetroots quality along with passing time. Analysis of regression allowed obtaining the function of the highest adjustment of the research results to a theoretical model.

**Key words:** beetroot, storing time, firmness, sample shape

### **Adres do korespondencji:**

Andrzej Złobecki; e-mail: [Andrzej.Złobecki@ur.krakow.pl](mailto:Andrzej.Złobecki@ur.krakow.pl)

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Ul. Balicka 120

30-149 Kraków