

WPŁYW KĄTA ZAOSTRZENIA NOŻA NA PRZEBIEG CIĘCIA WYBRANYCH WARZYW KORZENIOWYCH

Rafał Nadulski, Karolina Strzałkowska

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Jacek Skwarcz

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodykę pomiaru oraz wyniki badań, przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych, cięcia prostopadłościennych próbek korzeni marchwi i selera. Stwierdzono statystycznie istotny wpływ kąta zaostrenia noża na wartość siły cięcia i pracy cięcia. Spośród badanych korzeni wyższe wartości maksymalnej siły cięcia i pracy cięcia otrzymano dla korzeni selera. W warunkach eksperymentu nie stwierdzono wpływu prędkości zespołu tnącego na wartości siły i pracy cięcia.

Słowa kluczowe: marchew, seler korzeniowy, cięcie, kąt ostrza, siła cięcia, praca cięcia

Wprowadzenie

W procesie przetwórstwa płodów rolnych ważną rolę odgrywa proces cięcia. Cięcie występuje zarówno podczas zbioru roślin jak i podczas obróbki pozbiorowej. W przemyśle owocowo-warzywnym cięcie ma na celu uzyskania produktów w postaci plasterków, słupków, kostki, segmentów lub formatek a także wiórków. Na przebieg cięcia mają wpływ parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne maszyn i urządzeń rozdrabniających oraz właściwości fizyko-chemiczne rozdrabnianych surowców. Przebieg cięcia owoców i warzyw zależy przede wszystkim od konstrukcji zespołu roboczego (noża lub noży) i zespołu podającego materiał oraz parametrów pracy urządzenia (np. prędkości podawania materiału, prędkości ruchu noża, kąt natarcia i przyłożenia noża) [Sykut i in. 2005; Nadulski, Wawryniuk 2003; Kowalski 1994; Popko, Miszczuk 1989]. Spośród właściwości fizycznych ważną rolę odgrywają cechy wytrzymałościowe i strukturalne ciętych materiałów. Istotne są także warunki uprawy, czas i sposób przechowywania surowca, stopień dojrzałości, warunki zbioru, cechy odmianowe, itp. [Kowalski 2003; Nadulski, Guz 2001; Marks, Kowalski 1994]. Proces cięcia materiałów biologicznych jest złożony i mimo wielu badań nie został do tej pory wystarczająco poznany. Związane jest to z wieloma czynnikami wpływającymi na jego przebieg. Uniwersalny model procesu rozdrabniania przedstawił Opielak [1997] wskazując na istotne czynniki determinujące przebieg procesu a także analizując związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy nimi. Krojenie polega na bezpośrednim aktywnym oddziaływaniu narzędzia tnącego na surowiec. Ruch noża może być prostopadły lub równoległy do krawędzi tnącej a także pod innym kątem w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego maszyny. Surowiec może być nieruchomy a nóż ruchomy lub odwrotnie.

Krojenie polega, zatem na względnym ruchu noża i materiału. W przemyśle owocowo-warzywnym do krojenia najczęściej stosowane są krajalnice tarczowe i odśrodkowe, chociaż spotyka się i inne rozwiązania. Zespołem roboczym krajalnic tarczowych jest tarcza osadzona na wale napędowym, na którą podawany jest materiał. Trudności w uzyskaniu założonego kształtu i wymiarów produktów ograniczają stosowanie tego typu urządzeń w przemyśle owocowo-warzywnym. Natomiast wysoką jakość cięcia zapewniają krajalnice odśrodkowe. Zasada działania tego typu urządzeń polega na odrzucaniu siłą odśrodkową surowca umieszczonego w bębnie przez wirujące zbieraki w kierunku zespołu nożowego. Mimo wielu stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych nadal istnieją problemy dotyczące optymalizacji procesu cięcia materiałów pochodzenia roślinnego [Nadulski 2001; Opielak 1997].

Zasadniczym celem pracy było określenie wpływu geometrii noża na przebieg procesu cięcia prostopadłościennych próbek korzeni marchwi i selera. Zakres pracy obejmował wyznaczenie wartości sił cięcia i pracy cięcia w zależności od kąta zaostrenia noża i prędkości przemieszczania się zespołu tnącego.

Materiał i metodyka badań

Badania prowadzono w laboratorium Katedry Inżynierii i Maszyn Spożywczych Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie na korzeniach marchwi odmiany Perfekcja i selera odmiany Jabłkowy. Do badań został użyty surowiec świeży, zdrowy, bez uszkodzeń mechanicznych pochodzący ze zbioru w 2009 roku. Z korzeni wycinano przy pomocy specjalnej przystawki nożowej próbki prostopadłościenne o wymiarach przekroju poprzecznego 15 mm x 15 mm i długości 25 mm. Badania procesu cięcia wykonywano na teksturometrze TA.TXplus. Do aparatu opracowano i wykonano specjalną przystawkę w skład, której wchodzi: podstawa, prowadnice, zestaw wymiennych noży wraz z uchwytem do ich mocowania. W badaniach użyto noży o różnym kącie zaostrenia wynoszącym: 2,5°, 5°, 7,5°, 10°, 12,5°, 15°, 17,5° i 20°.

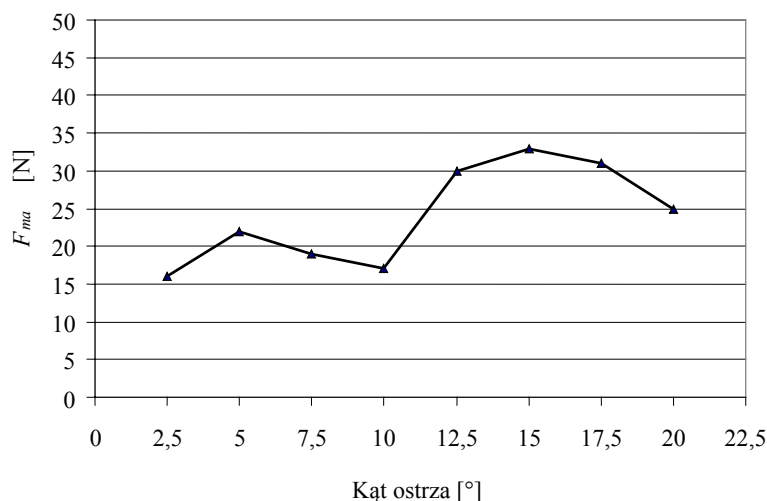
Próbki umieszczano dłuższym wymiarem równolegle do podstawy urządzenia a następnie obciążano prostopadle elementem tnącym ze stałą prędkością wynoszącą 50 mm·min⁻¹, 250 mm·min⁻¹ i 500 mm·min⁻¹. Próbki badanych warzyw cięto w środkowym odcinku długości. Krawędź ostrza przemieszczała się równolegle do podstawy urządzenia. W wyniku pomiaru otrzymywano wykresy przedstawiające zależność pomiędzy siłą cięcia i przemieszczeniem noża, z których wyznaczano wartość maksymalnej siły cięcia i wartość pracy cięcia jako pole pod krzywą. Każdy pomiar wykonywano w dziesięciu powtórzeniach.

Wyniki badań

Wyniki badań poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica wersja 6 firmy StatSoft, Inc. [StatSoft, Inc. 2003]. Do oceny wpływu kąta zaostrenia noża na wartość maksymalnej siły tnącej i pracy cięcia wykorzystano moduł analizy wariancji ANOVA. Przeprowadzona analiza wykazała we wszystkich przypadkach statystycznie istotny wpływ kąta zaostrenia noża na wartość maksymalnej siły cięcia i pracy cięcia. Nie

Wpływ kąta zaostrenia...

zaobserwowano wpływu prędkości noża na wartości maksymalnej siły cięcia i pracy cięcia, w związku z tym na wykresach przedstawiono jedynie wyniki badań uzyskane dla prędkości noża wynoszącej $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. W przypadku cięcia korzenia selera otrzymano wyższe wartości sił cięcia i pracy cięcia w porównaniu do korzenia marchwi.



Rys. 1. Zależność maksymalnej siły cięcia od kąta zaostrenia noża dla korzenia marchwi przy prędkości $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$

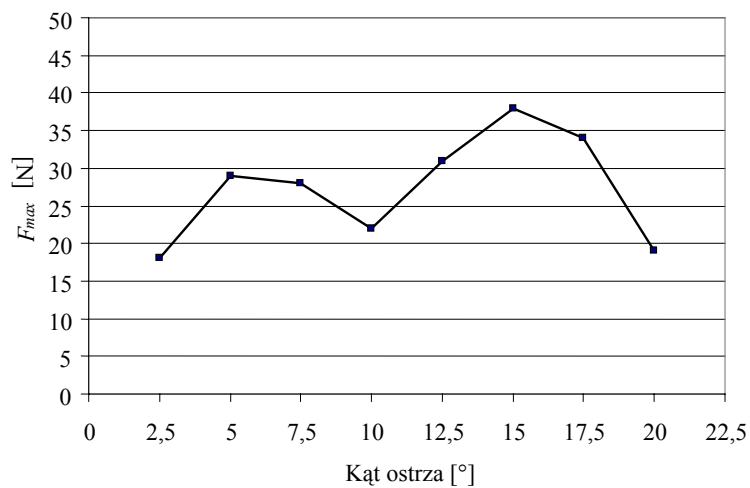
Fig. 1. Dependence of the maximum cutting force on the knife sharpening angle for carrot roots, at the speed of $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$

Analiza wykresów obrazujących zależność maksymalnej siły cięcia F_{max} od kąta ostrza dla marchwi (rys. 1) i selera (rys. 2) wskazuje, że początkowo jej wartość wzrasta a następnie zmienia się do osiągnięcia minimum przy wartości kąta ostrza noża 10° , poczym wzrasta do kolejnego ekstremum, które występuje przy wartości kąta ostrza 15° , a następnie maleje. Analiza uzyskiwanych przekrojów wskazuje, że przy wartości kąta ostrza noża $17,5^\circ$ i 20° w końcowej fazie cięcia materiału następuje jego rozłupywanie.

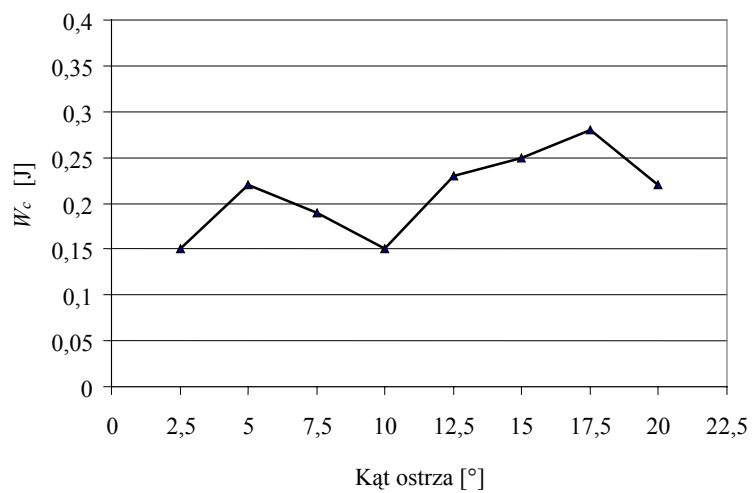
Porównując wartości maksymalnych sił cięcia dla obu badanych gatunków warzyw w każdym przypadku można stwierdzić, że wartości siły F_{max} są wyższe dla korzeni selera. Przykładowo przy kącie ostrza 10° uzyskana dla korzenia marchwi maksymalna siła cięcia F_{max} stanowi 77% wartości siły F_{max} otrzymanej dla korzenia selera.

Przebieg zależności pomiędzy pracą cięcia i kątem ostrza jest podobny jak uzyskany w przypadku maksymalnej siły cięcia. Dla obu korzeni występuje wyraźne minimum wartości pracy cięcia W_c przy kącie ostrza wynoszącym 10° (rys. 3 i rys. 4).

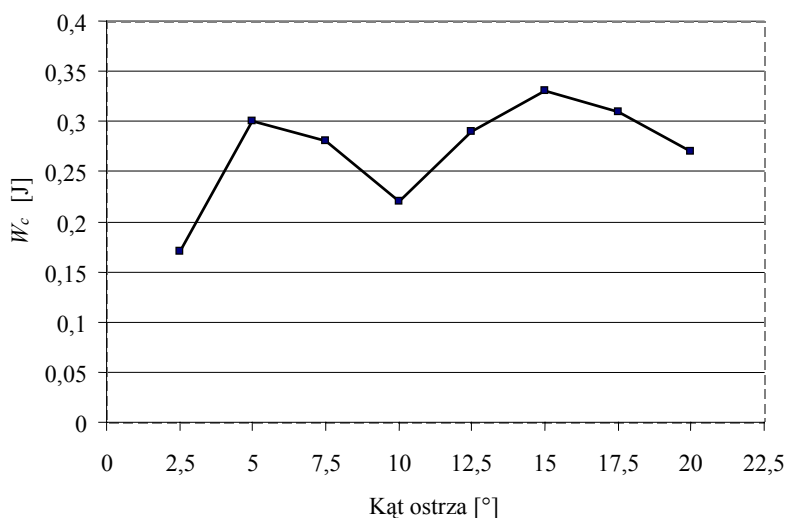
Najwyższe wartości pracy cięcia zarejestrowano dla korzenia selera przy kącie zaostrenia noża wynoszącym 15° a dla korzenia marchwi przy kącie zaostrenia noża równym $17,5^\circ$.



Rys. 2. Zależność maksymalnej siły cięcia od kąta zaostrenia noża dla korzenia selera przy prędkości $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Fig. 2. Dependence of the maximum cutting force on the knife sharpening angle for celery roots, at the speed of $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$



Rys. 3. Zależność pracy cięcia od kąta zaostrenia noża dla korzenia marchwi przy prędkości $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$
Fig. 3. Dependence of cutting work on the knife sharpening angle for carrot roots, at the speed of $50 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$



Rys. 4. Zależność pracy cięcia od kąta zaostrenia noża dla korzenia selera przy prędkości $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Fig. 4. Dependence of cutting work on the knife sharpening angle of celery roots, at the speed of $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Porównując wartości pracy cięcia W_c korzenia marchwi i selera można stwierdzić, że dla wszystkich stosowanych kątów zaostrenia noży uzyskano wyraźnie wyższe wartości pracy W_c cięcia dla selera. Przykładowo dla noża o kącie ostrza 10° praca cięcia korzenia selera jest o 60% wyższa niż korzenia marchwi.

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. We wszystkich przypadkach stwierdzono statystycznie istotny wpływ kąta zaostrenia noża na wartość maksymalnej siły cięcia i pracy cięcia.
2. Dla obu badanych surowców najniższe wartości siły cięcia zarejestrowano dla noży o kącie zaostrenia wynoszącym 10° , natomiast najwyższe dla noży o kącie zaostrenia równym 15° .
3. Najniższe wartości pracy cięcia zarejestrowano dla noży o kącie zaostrenia wynoszącym 10° , natomiast najwyższe dla noży o kącie zaostrenia równym 15° dla selera i $17,5^\circ$ dla marchwi.
4. W warunkach eksperymentu nie stwierdzono wpływu prędkości zespołu tnącego na wartości maksymalnej siły cięcia i pracy cięcia.
5. Spośród badanych korzeni wyższe wartości maksymalnej siły cięcia i pracy cięcia otrzymano dla korzeni selera.

6. Zaprojektowany i wykonany zestaw tnący do teksturometru TA.TXplus oraz zaproponowana metodyka wykazują pełną przydatność do badań procesu cięcia materiałów pochodzenia roślinnego.

Bibliografia

- Kowalski S.** 1993. Badanie oporów cięcia wybranych roślin. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 408. s. 297-303.
- Marks N., Kowalski S.** 1994. Opór cięcia jako miernik odporności bulw ziemniaka na mechaniczne uszkodzenia. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 416. s. 69-80.
- Nadulski R.** 2001. Wpływ geometrii narzędzia tnącego na przebieg procesu cięcia wybranych warzyw korzeniowych. *Acta Agrophysica*. Nr 58. s. 127-135.
- Nadulski R., Guz T.** 2001. Wpływ niektórych parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych na proces cięcia warzyw. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 10 (30). s. 253-258.
- Nadulski R., Wawryniuk P.** 2003. Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych na proces cięcia warzyw. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8 (50). s. 287-295.
- Opielak M.** 1997. Wybrane zagadnienia z rozdrabniania materiałów w przemyśle rolno-spożywczym. *Rozprawy naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie*. WAR. Lublin.
- Popko H., Miszczuk M.** 1989. Badanie oporów krajania niektórych produktów spożywczych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 354. s. 147-151.
- Sykut B., Kowalik K., Opielak M.** 2005. Badanie wpływu kątów ostrza i przystawienia na opory krojenia produktów spożywczych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9 (69). s. 339-344.

IMPACT OF THE KNIFE SHARPENING ANGLE ON THE COURSE OF CUTTING SELECTED ROOT VEGETABLES

Abstract. The work presents the methodology of measuring and results of test conducted in laboratory environment, regarding cutting cuboidal samples of carrot and celery roots. It was proved that the knife sharpening angle has a statistically crucial impact on the values of cutting force and cutting work. From among the tested roots, higher maximum values of cutting force and cutting work were recorded for the celery roots. It was found that in the experimental environment there is no impact of the cutting unit speed on the values of cutting force and work.

Key words: carrot, celeriac, cut, blade angle, cutting force, cutting work

Adres do korespondencji

Rafał Nadulski: e-mail: rafal.nadulski@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin