

Prof. dr hab. inż. Leszek MIESZKALSKI  
 Katedra Inżynierii Rolniczej  
 Mgr inż. Zbigniew ŻUK  
 Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji  
 Wydział Nauk Technicznych  
 Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

## ANALIZA MIKROSTRUKTURY PRZEKROJÓW NASION GORCZYCY BIAŁEJ W ASPEKTCIE USUWANIA OKRYWY NASIENNEJ®

*W pracy zaprezentowanej w artykule przedstawiono analizę mikrostruktury nasiona gorczycy białej wykorzystaną do poszukiwania metody obłuskiwania oraz koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego obłuskiwacza. Usuwanie okrywy nasiennej może odbywać się w wyniku wielokrotnych zderzeń nasiona z elementami roboczymi obłuskiwacza. W wyniku zderzeń następuje pęknięcie okrywy nasiennej a następnie odrywanie jej fragmentów. Proces usuwania okrywy nasiennej realizowany jest na poziomym obłuskiwaczu tarczowym. Tarcze ściernie w wyniku pochylenia o kąt 6° względem płaszczyzny prostopadłej do osi poziomej głowicy wykonują ruch obrotowo-wychylny. Podczas wielokrotnych zderzeń nasion gorczycy z tarczami ściernymi obłuskiwacza wykonującymi ruch złożony realizowany jest proces uwolnienia liścieni z okrywy nasiennej.*

**Słowa kluczowe:** nasiona gorczycy, mikrostruktura, metoda usuwania okrywy nasiennej, obłuskiwacz.

### WSTĘP

Gorczyca biała uprawiana jest w Europie a zwłaszcza w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Holandii jak również w Rosji [11]. Odmiana Nakielska gorczycy białej została uzyskana z materiału miejscowego i wpisana do rejestru odmian oryginalnych 1954 r. Charakteryzuje się wysokim plonowaniem i wysoką zawartością tłuszczu w nasionach – do 32,5%. Nakielska to odmiana mało wymagająca, przez co uprawiana jest na terenie całego kraju, a nawet na glebach słabo urodzajnych. Powierzchnia uprawy gorczycy w Polsce wynosi ok. 10 tysięcy hektarów i wykazuje tendencję wzrostową [3].

Nasiona gorczycy to podstawowy surowiec do produkcji musztardy. Poddawane są one rozdrobieniu przy pomocy rozdrabniacza bijakowego a w następstwie obłuskiwane na mokro za pomocą młynka Koruma. Młynek zbudowany jest z dwóch tarcz ściernych, dolnej obrotowej (nazywana rotorem), i górnej nieobrotowej.

Nasiona gorczycy mają kształt zbliżony do kuli, ale ich powierzchnia jest nieregularna. Na strukturę geometryczną powierzchni nasion składa się chropowatość, falistość i wady powierzchni nasion [2, 10]. Chropowatość powierzchni można zdefiniować jako całokształt nierówności rzeczywistej powierzchni o stosunkowo małej podziałce, czyli małym odstępem pomiędzy sąsiednimi nierównościami [8].

Nasiona gorczycy białej są poddawane procesowi obłuskiwania, w wyniku którego usuwane są szkodliwe substancje w postaci błonnika i włókien surowych. Szkodliwość włókna polega na ograniczeniu przyswajania magnezu, miedzi, cynku [6]. Znane są obłuskiwacze do nasion rzepaku zbudowane w Katedrze Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie przez ANDERSA (2001) i SARNIAKA (1997). Elementami roboczymi w tych obłuskiwaczach są tarcze zaopatrzone w łopatki nachylone pod różnym kątem i cylindryczne wypustki o różnej średnicy.

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników przeprowadzonych badań struktury mikrofotograficznej nasion gorczycy białej przydatnych do poszukiwania metody obłuskiwania nasion oraz koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego obłuskiwacza.**

### METODYKA BADAŃ

Badania były prowadzone na nasionach gorczycy białej odmiany Nakielska. Wilgotność nasion wynosząca od 6,5 do 8 % była określona według polskiej normy [PN-EN ISO 665:2004] [7]. Pomiar długości, szerokości i grubości, nasiona wykonano na metalograficznym mikroskopie warsztatowym typu BK MWM 2325 z dokładnością do 0,01 mm. Liczebność próbki nasion wynosiła 200 szt. Pomiar kulistości nasion gorczycy białej określono według wzorów 1 i 2:

$$W_{K1} = \frac{c}{a} \quad (1)$$

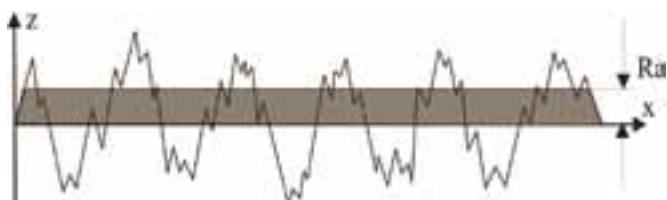
$$W_{K2} = \frac{c}{b} \quad (2)$$

gdzie:  $a$  – długość,  $b$  – szerokość,  $c$  – grubość.

Nierówności mikrostruktury nasiona gorczycy mierzy się jako odchylenie zaobserwowanego profilu do linii odniesienia na umownie ustalonej długości.

Chropowatość w przeciwieństwie do innych cech, jak np. falistość, odnosi się do nierówności o relatywnie małych odległościach między wierzchołkami. W technologii maszyn spożywczych stosuje się dwa parametry określające chropowatość, a mianowicie średnią arytmetyczną odchylenia profilu od linii średniej i wysokość profilu. Średnie arytmetyczne odchylenia profilu od linii średniej oznaczonej symbolem ( $Ra$ ) określa się jako wysokości pięciu najwyższych wzniesień ponad linię średnią pomniejszone o średnią

pięciu najniższych wgłębień poniżej linii średniej mikrostruktury okrywy nasiennej gorczycy białej (rys. 1).

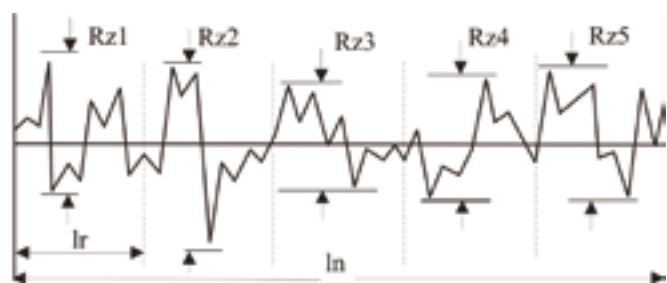


**Rys. 1.** Średnia arytmetyczna odchylenia profilu chropowatości.

Linia średnia jest linią teoretyczną przy której suma kwadratów odległości wzniesień i zagłębień jest najmniejsza (rys. 1). Wysokość profilu chropowatości oznaczona jest symbolem ( $R_z$ ). Wartość chropowatości określa się jako średnia odległość pięciu najwyższych położonych wierzchołków od pięciu najniższych położonych punktów wgłębień zaobserwowanego profilu na długości odcinka elementarnego zmierzona do linii odniesienia równoległej do linii średniej (rys. 2).

$$R_z = \frac{1}{n} (R_{z1} + R_{z2} + \dots + R_{zn}) \quad (3)$$

gdzie:  $n$  – ilość wierzchołków na odcinku elementarnym,  $R_{z1} \dots R_{zn}$  – wysokość profilu chropowatości kolejnych wierzchołków na długości odcinka elementarnego,  $l_n$  – długość odcinka elementarnego.



**Rys. 2.** Średnia arytmetyczna wysokości pięciu najwyższych wzniesień ponad linię średnią pomniejszona o średnią pięciu najniższych wgłębień poniżej linii średniej.

Zdjęcia mikrofotograficzne przekroju nasion gorczycy białej wykonane zostały metodą skaningową w powiększeniu od 25 do 1000x mikroskopem elektronowym typu JEOL model JSN 5310 LW.

Nasiona gorczycy białej odmiany Nakielska obłuskiwano na poziomym obłuskiwaczu tarczowym wyposażonym w ściernice korundowe o średnicy 220 mm [5]. Prędkość obwodowa głowicy była zmieniana w zakresie od 29,79 do 38,95 m/s co 2,29 m/s przy pochyleniu tarcz wynoszącym  $6^\circ$  względem płaszczyzny prostopadłej do osi poziomej głowicy obrotowej. Masa próbki nasion gorczycy białej poddana obłuskiwaniu wynosiła 200 g. Czas obłuskiwania po uruchomieniu urządzenia wynosił średnio ok. 2 min. Po obłuskiwaniu próbka została dokładnie usunięta z obłuskiwacza i zważona na wadze elektronicznej typu WPS 3100/C/2 z dokładnością do 0,01 g. Próbkę mieszaniny po obłuskiwaniu została poddana separacji za pomocą strumienia powietrza w zakresie  $2,42 \text{ m/s} \leq V_{kr} \leq 6,6 \text{ m/s}$  w celu oddzieleniu od okrywy liścieni i nasion nieobłuskanych.

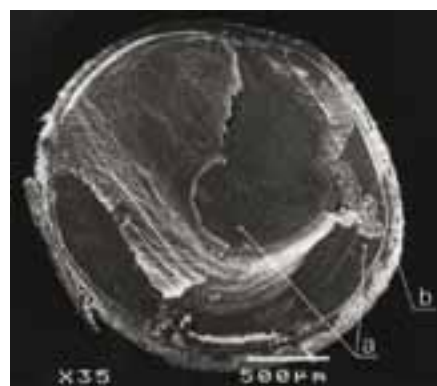
## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Przeprowadzenie pomiarów nieregularności kształtu powierzchni nasiona jest związane z zagadnieniami technologicznymi w procesie obłuskiwania a w szczególności ze związkiem struktury geometrycznej powierzchni z pękaniem okrywy w procesie obłuskiwania nasion gorczycy.

Podstawowe wyniki wymiarów nasion gorczycy białej wynosiły:

- długość ( $a$ ) od 2,49 do 2,53 mm;
- szerokość ( $b$ ) od 2,30 do 2,34 mm;
- grubość ( $c$ ) od 2,06 do 2,10 mm.

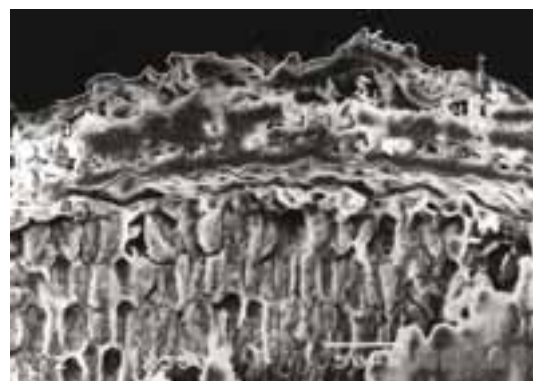
Średnia długość, szerokość, grubość nasiona gorczycy wynosiła odpowiednio 2,51 mm, 2,32 mm, 2,08 mm mieszcząc się w środku przedziału wartości. Pierwszy współczynnik kulistości nasion gorczycy białej wynosi  $W_{K1} = 0,828$ , a drugi  $W_{K2} = 0,896$ . Wysokie wartości współczynników  $W_{K1}$  i  $W_{K2}$  wskazują na kulistość nasion gorczycy białej, co jest korzystne w procesie jej obłuskiwania.



Źródło: badania własne autorów.

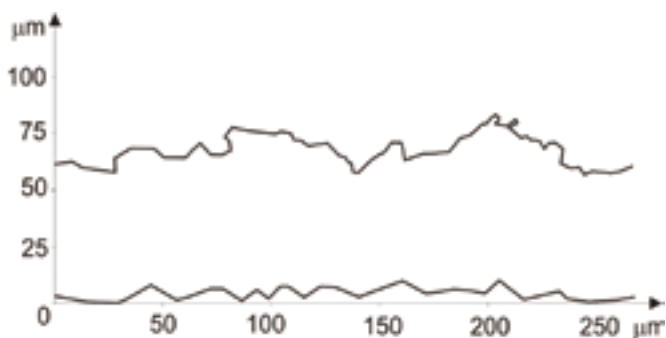
**Rys. 3.** Przekrój poprzeczny nasiona gorczycy powiększony 35x:  $a$  – liścienie wewnętrzne i zewnętrzne,  $b$  – okrywa nasionna.

Z rysunku 3 wynika, że okrywa nasionna nasion gorczycy nie jest zrosnięta z liścieniami tylko do nich przylega. Podczas obłuskiwania będzie można ją fragmentami odrywać. Obserwując strukturę okrywy nasiennej gorczycy białej (rys. 4) zauważono znaczne wzniesienia i wgłębienia od strony zewnętrznej jak i od strony liścieni osłoniętych okrywą nasionną.



Źródło: badania własne autorów.

**Rys. 4.** Przekrój okrywy nasiennej i liścieni gorczycy powiększony 350x:  $a$  – linia odwzorowania krawędzi przekroju okrywy od strony wewnętrznej,  $b$  – linia odwzorowania krawędzi przekroju okrywy powierzchni nasiona.



**Rys. 5.** Linia krawędzi zewnętrznej i wewnętrznej przekroju okrywy nasiennej gorczycy białej w powiększeniu 350x.

Grubość okrywy nasiennej zawiera się w przedziale od 40  $\mu\text{m}$  do 80  $\mu\text{m}$  (rys. 5). Tam gdzie grubość okrywy nasiennej jest najmniejsza może dochodzić do jej pęknięcia podczas zderzeń nasiona z tarczą obłuskiwacza.

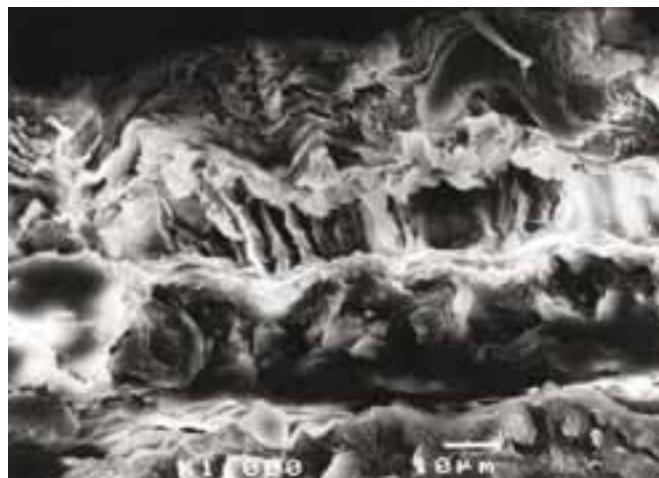
W warstwie subepidermalnej zaliczanej do warstwy osłonki zewnętrznej okrywy nasiennej, występują puste przestrzenie przedzielone komórkami palisadowymi (rys. 6). Puste przestrzenie osłabiają okrywkę nasienną, i w procesie obłuskiwania w tych miejscach mogą się pojawić pęknięcia.

Powierzchnia zewnętrzna okrywy nasiennej gorczycy ma strukturę chropowatą z licznymi wzniesieniami i wgłębieniami. W wyniku zderzenia wykonującej złożony ruch (boczny i obrotowy) tarczy obłuskiwacza ze wzniesieniem na powierzchni okrywy nasiennej nastąpi odkształcenie i wgłębienie się ziarna ściernicy w okrywkę co spowoduje jej pęknięcie. Liścienie i okrywa nasienna są od siebie oddalone, a liścienie wewnętrzne przylegają do siebie i nie są połączone ze sobą (rys. 6), w związku z tym łatwiejsze jest ich uwolnienie z okrywy nasiennej w procesie obłuskiwania.



Źródło: badania własne autorów.

**Rys. 6.** Przekrój okrywy nasiennej i liścieni gorczycy białej w powiększeniu 350x: *a* – puste przestrzenie warstwy subepidermalnej okrywy nasiennej, *b* – miejsce przylegania okrywy nasiennej do liścieni, *c* – powierzchnia okrywy nasiennej z pięcioma najwyższymi położonymi wierzchołkami.

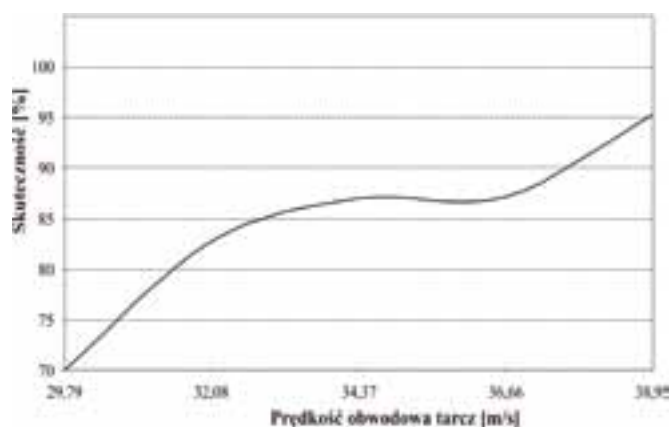


Źródło: badania własne autorów.

**Rys. 7.** Przekrój okrywy nasiennej przy liścieniach w powiększeniu 1000x.

Obserwując strukturę okrywy nasiennej (rys. 7), możemy stwierdzić że, w wyniku zderzenia nasiona z tarczą obłuskiwacza nastąpi wgłębienie wystających wierzchołków ściernicy w strukturę okrywy, w związku z tym mogą pojawić się pęknięcia okrywy nasiennej przebiegające wzdłuż komórek palisadowych. W procesie obłuskiwania należy w pierwszej kolejności doprowadzić do pęknięć okrywy nasiennej, a następnie w wyniku zaczepiania wystających ziaren ściernicy o krawędzie pęknięć będą odrywane fragmenty okrywy, co spowoduje uwolnienie części wewnętrznych gorczycy.

Analizując wyniki badań procesu obłuskiwania nasion gorczycy białej odmiany Nakielska (rys. 8) można stwierdzić, że przy pochyleniu tarcz względem płaszczyzny prostopadłej do osi poziomej głowicy  $6^\circ$  i średnicy wynoszącej 220 mm przy prędkości obwodowej wynoszącej 38,95 m/s, skuteczność obłuskiwania wynosiła 95%. Zastosowanie w obłuskiwaczu tarcz ściernych o średnicy 220 mm (wykonujących ruch złożony obrotowo-wychyłny) jest korzystne. Dalsze zwiększanie w obłuskiwaczu prędkości obrotowej głowicy nie jest możliwe ze względu na wytrzymałość tarcz na niej osadzonych.



**Rys. 8.** Wykres zależności skuteczności obłuskiwania nasion gorczycy białej od prędkości obwodowej tarcz ściernych obłuskiwacza.

## WNIOSKI

1. Z przeprowadzonych pomiarów sferyczności nasion gorczycy białej (długości, szerokości i grubości) wynika, że nasiona te są zbliżone kształtem do kuli co jest pomocne w procesie pęknięcia okrywy nasiennej podczas obłuskiwania.

2. Obserwując i analizując strukturę okrywy nasiennej, zauważono znaczne wzniesienia i wgłębienia zarówno od strony zewnętrznej jak i wewnętrznej oraz puste przestrzenie przedzielone komórkami palisadowymi. Wskazane elementy budowy okrywy nasiennej są prawdopodobnymi miejscami jej pęknięcia w chwili zderzenia nasiona z tarczą obłuskiwacza. Pęknięcie przebiegać będzie prawdopodobnie wzdłuż komórek palisadowych okrywy nasiennej.

3. Maksymalna skuteczność procesu obłuskiwania nasion gorczycy białej wynosiła około 95% dla obłuskiwacza wyposażonego w tarcze ściernie o średnicy 220 mm wykonujące ruch obrotowo-wychyłny z prędkością obwodową 38,95 m/s.

## LITERATURA

- [1] **ANDERS A. 2001.** *Wpływ parametrów roboczych obłuskiwacza tarczowego na efektywność obłuskiwania nasion rzepaku.* Rozprawa doktorska, SGGW Warszawa.
- [2] **CHOSZCZ D. 2009.** *Efektywność rozdzielania mieszaniny nasion rzepaku i przytulii czepnej w separatorze z taśmą pętelkową.* Rozprawa habilitacyjna Nr 31. Inżynieria Rolnicza, 7(116). Kraków.
- [3] **HUREJ M., PREJSS G. 1997.** *Liczebność i szkodliwość mszyc na gorczycy białej.* Prog. Plant Protekt., 37(1): 98-104.
- [4] **JASIŃSKA Z., KOTECKA A. 1994.** *Wpływ nawożenia azotem na plony nasion gorczycy białej i sarepskiej.* Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Rolnictwo LIX, 230: 71-77.
- [5] **MIESZKAŁSKI L., ŻUK Z. 2009.** *Analiza mikrostruktury nasion gorczycy w kontekście ich obłuskiwania.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, WSM, Warszawa, 2, 16-19.
- [6] **OCHODZKI P., RAKOWSKA M. 1996.** *Porównanie składu chemicznego i wartości żywieniowej obłusczonych nasion rzepaków brązowo-i żółto nasiennych.* Rośliny Oleiste, XVII (2): 477-482.
- [7] **PN-EN ISO 665 marzec 2004.** *Nasiona oleiste. Oznaczenie wilgotności zawartości substancji lotnych.*
- [8] **SADOWSKI A. 1966.** *Przemysłowe pomiary i sprawdzanie chropowatości powierzchni.* WNT, Warszawa.
- [9] **SARNIAK M. 1997.** *Metoda szacowania skuteczności obłuskiwania nasion rzepaku.* Rozprawa doktorska, Politechnika Warszawska.
- [10] **ŚLIPEK Z., KACZOROWSKI J., FRĄCZEK J. 1999.** *Analiza teoretyczno-doświadczalna tarcia materiałów roślinnych.* Monografia, PTA, Kraków.
- [11] **WAŁKOWSKI T. 1997.** *Gorczyce.* IHAR, Poznań.

## ANALYSIS OF THE MICROSTRUCTURE OF CROSS-SECTIONS OF SEEDS OF WHITE MUSTARD IN TERMS OF SEED COAT REMOVAL

### SUMMARY

*The paper presents an analysis of the microstructure of white mustard seeds used to explore methods and approaches dehulling design solution dehuller. Removal of seed coat may be a result of repeated collisions with the elements of the working seed dehuller. As a result of collisions followed by rupture of seed coat and then picking off its parts. Seed coat removal process is carried out on a horizontal dehuller gland. Grinding as a result of the inclination angle of 6 ° to the plane perpendicular to the axis of horizontal head rotation exercise-tilting movement. When multiple collisions with the mustard seed dehuller abrasive discs performing complex movement is realized with the process of release of the cotyledons of seed coat.*

**Key words:** *mustard seed, microstructure, method of seed coat removal, dehuller.*