

WPLYW PARAMETRÓW ROBOCZYCH OBLUSKIWACZA TARCZOWEGO NA EFEKTYWNOŚĆ OBLUSKIWANIA NASION RZEPAKU

Andrzej Anders

Katedra Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1 WPROWADZENIE

Rzepak (*Brassica napus* L.) należy do roślin jednorocznych z rodziny krzyżowych (Cruciferae). Uprawa koncentruje się w Argentynie, Brazylii, Chinach, Europie, Indiach, Pakistanie i Kanadzie. W Polsce zbiory i plony rzepaku w kształtowały się: w 1995 r. - 1377 tys. ton, w 1996 r. - 449 tys. ton, w 1997 r. - 595 tys. ton, w 1998 r. - 1099 tys. ton., dominują odmiany rzepaku ozimego. Wielkość nasion odmian rzepaku ozimego posiada nasiona większe od odmian jarych. Wymiary geometryczne nasion rzepaku są niewielkie i mieszczą się w zakresie 1,5÷2,8 mm (rzepak ozimy), 1,4÷2,5 mm (rzepak jary) natomiast masa 1000 sztuk nasion odmian ozimych mieści się w granicach 4,5÷5,5 g a odmian jarych 3,5÷4,5 g [5, 12].

Rzepak jest surowcem dla przemysłu spożywczego i paszowego, z nasion wytwarza się również oleje stosowane w technice. Prowadzone są próby rozpowszechniania oleju rzepakowego jako biopaliwa w branży motoryzacyjnej. Okrywa owocowo-nasienna zawiera dużą ilość błonnika i substancje antyżywniowe oraz barwniki. Składniki okrywy owocowo-nasiennej obniżają wartość nasion rzepaku jako surowca w przemyśle spożywczym. Aby podwyższyć jakość otrzymywanego oleju z nasion rzepaku wielu badaczy podkreśla potrzebę ich uszlachetnienia w procesie przetwórstwa co można uzyskać przez usunięcie okrywy owocowo-nasiennej tzw. obłuskanie. Usunięcie okrywy owocowo-nasiennej wpływa na zwiększenie wydajności urządzeń stosowanych w liniach przetwarzających rzepak [5, 6].

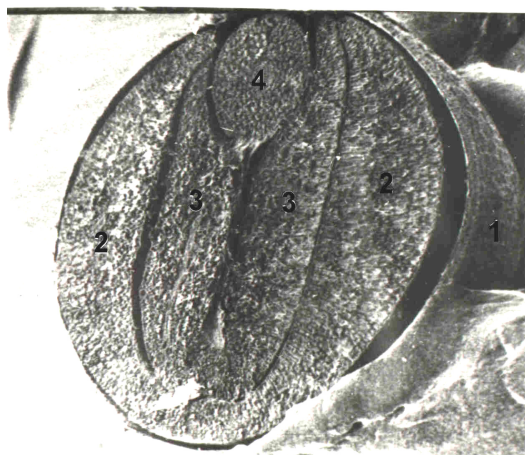
W trakcie procesu obłuskiwania następuje uwolnienie części wewnętrznej nasiona tj. liścieni i zarodka oraz usunięcie okrywy owocowo-nasiennej zawierającej substancje antyżywniowe oraz barwniki. Analiza aktualnego stanu wiedzy wskazuje na zwiększenie intensywności badań nad obłuskiwaniem nasion rzepaku oraz próby wprowadzenia tej technologii do przetwórstwa nasion oraz produkcji oleju. Obłuskiwanie nasion rzepaku jest uzasadnione co jest podkreślane przez wielu badaczy zajmujących się tym tematem [1, 2, 3, 4, 11, 12].

2 BUDOWA MORFOLOGICZNA NASION RZEPAKU

Nasiona rzepaku są kuliste, koloru od brunatnego do czarnego, a odmiany uprawiane w Indiach i ostatnio w Kanadzie żółte. Budowa morfologiczna nasion jest jednakowa dla wszystkich odmian rzepaku. Obecnie najbardziej rozpowszechnione są odmiany bezerukowe. W odmianach bezerukowych typu Canola zawartość kwasu erukowego nie powinna przekraczać 2%, a glukozyolanów - 2÷3 mg/g.

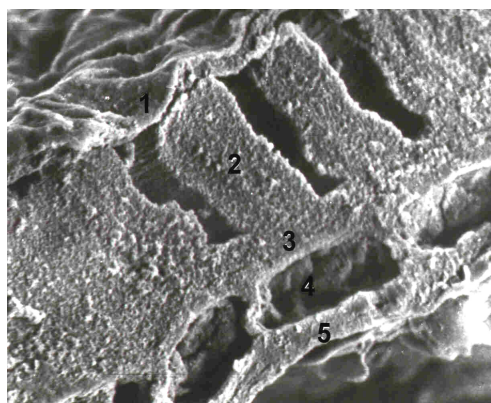
Wewnętrzne części nasiona są koloru żółtego, liścienie zewnętrzne całkowicie obejmują liścienie wewnętrzne. W komórkach liścieni jest zgromadzony tłuszcz. Pomiędzy warstwami liścieni zewnętrznych i wewnętrznych znajduje się korzonek zarodkowy natomiast bielmo jest w postaci cienkiej warstwy i znajduje się bezpośrednio pod okrywą owocowo-nasienną. Okrywa owocowo-nasienna składa się głównie z błonnika oraz niewielkiej ilości substancji

woskowych, znajdują się tutaj również substancje antyżywniowe.



Rys. 1. Budowa anatomiczna nasiona rzepaku: 1 - okrywa owocowo-nasienna, 2 - liścienie zewnętrzne, 3 - liścienie wewnętrzne, 4 - zarodek.

W nasionach rzepaku liścienie stanowią 75÷82% całych nasion, okrywa owocowo-nasienna – 15÷25% a korzonek zarodkowy – 5÷12%. [11]. Okrywa owocowo-nasienna składa się z kilku warstw o różnej budowie wewnętrznej. Warstwa palisadowa, zbudowana jest z silnie wydłużonych komórek a grubości ścianek tych komórek zwiększają się od zewnątrz do wewnątrz nasiona. Między komórkami występują wolne przestrzenie wielkości około 30 μm . Silne właściwości higroskopijne ma warstwa komórek mięksiszowych. Wzrost jej wilgotności powoduje uplastycznienie okrywy owocowo-nasiennej, co wpływa niekorzystnie na obłuskiwanie. Pozostałe warstwy okrywy owocowo-nasiennej nie mają większego znaczenia dla obłuskiwania [3, 12].



Rys. 2. Przekrój poprzeczny przez okrywę owocowo-nasienną rzepaku: 1 - warstwa zewnętrzna, 2 - warstwa palisadowa, 3 - pigmentowa, 4 - alcuronowa, 5 - warstwa wewnętrzna i mięksiszowa.

3 CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było określenie wpływu parametrów roboczych obłuskiwacza tarczowego oraz konstrukcji tarczy obłuskującej na efektywność obłuskiwania nasion rzepaku oraz określenie warunków separacji pneumatycznej mieszaniny powstałej po obłuskaniu.

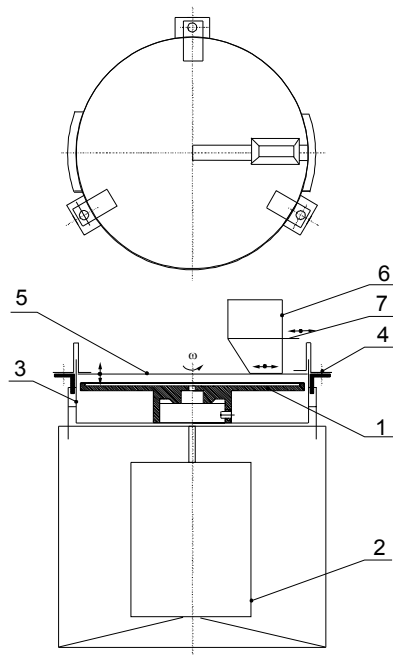
4 BUDOWA OBLUSKIWACZA TARCZOWEGO LABORATORYJNEGO

Obecnie spotykane obłuskiwacze funkcjonują na zasadzie zgniatania lub rozbijania nasion rzepaku. Zastosowanie zgniatania nasion na walcach lub pomiędzy powierzchniami płaskimi wymaga zastosowania nasion o jednakowych wymiarach geometrycznych. Wymóg ten nie jest konieczny w przypadku rozbijania nasion o wirujące elementy robocze obłuskiwacza lub podczas rozpędzania nasion w strumieniu powietrza i uderzania ich o stałą przeszkodę.

Tarcze robocze, na których odbywa się obłuskiwanie są skonstruowane tak, aby wykorzystać budowę morfologiczną nasion rzepaku podczas usuwania okrywy owocowo-nasiennej. Budowa morfologiczna nasion rzepaku oraz budowa okrywy owocowo-nasiennej pozwala na zastosowanie zjawiska zderzenia nasion z elementami roboczymi obłuskiwacza oraz wywołanie w warstwach zewnętrznych nasiona naprężeń powodujących jej pęknięcie. Obłuskiwanie nasion rzepaku na skutek powstawania naprężeń stykowych jest łatwiejsze do zrealizowania z technicznego punktu widzenia niż ścieranie warstw okrywy owocowo-nasiennej w odpowiednio ukształtowanych ściernicach, gdyż nie wymaga segregacji nasion ze względu na wymiary geometryczne.

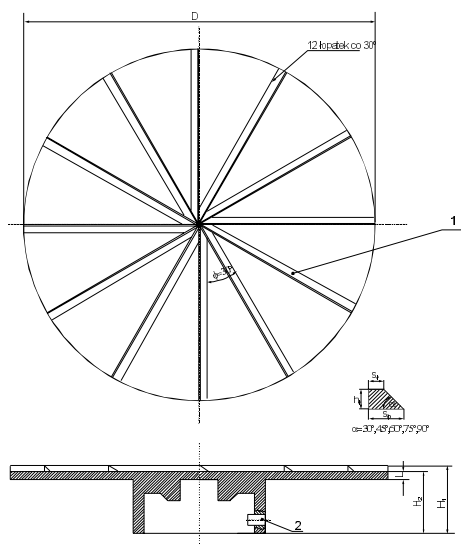
Na rysunku 3 przedstawiono obłuskiwacz laboratoryjny do nasion rzepaku zbudowany według własnej koncepcji w Katedrze Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Elementem roboczym jest tarcza obłuskująca zaopatrzona w łopatki nachylone pod różnym kątem lub cylindryczne wypustki o różnej średnicy. Tarcza jest zamocowana na wale silnika elektrycznego. Od góry przestrzeń obłuskiwacza jest ograniczona pokrywą, w której jest wykonany otwór połączony z zasypem. Zamocowanie zasypu pozwala na promieniowe przesuwanie miejsca podawania nasion

na tarczę, poza tym w zasypie znajduje się zasuwa regulująca szczelinę wysypową. Pokrywa umieszczona nad tarczą jest zamocowana na uchwytach, dzięki którym można w sposób płynny zmieniać jej położenie.

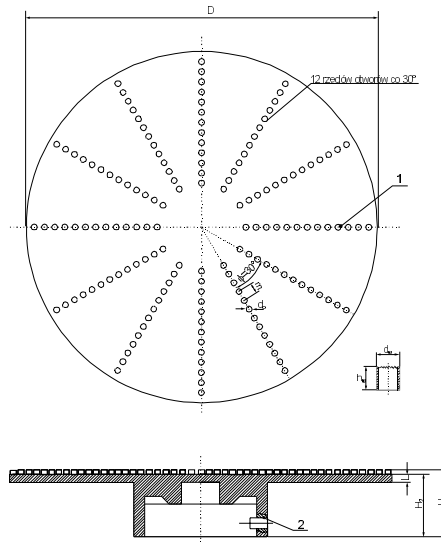


Rys. 3. Schemat laboratoryjnego obłuskiwacza tarczowego: 1 - tarcza, 2 - silnik elektryczny, 3 - obudowa, 4 - uchwyt, 5 - pokrywa, 6 - zasyp, 7 - zasuwa.

Do najważniejszych parametrów roboczych obłuskiwacza należą: miejsce podawania nasion na tarczę, wymiary szczeliny w zasypie nasion, prędkość kątowna tarczy i wysokość przestrzeni roboczej nad tarczą.



Rys. 4. Tarcza z łopatkami: 1 - łopatki, 2 - kołek mocujący tarczę na wale silnika.



Rys. 5. Tarcza z okrągłymi wypustkami: 1 - wypustki, 2 - kołek mocujący tarczę na wale silnika.

5 METODYKA BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Modelowanie matematyczne procesu obłuskiwania nasion rzepaku wymaga poznania właściwości fizycznych nasion mających z tym procesem bezpośredni związek. Zmienność właściwości fizycznych nasion rzepaku wywołana wilgocią wpływa przede wszystkim na skuteczność ich obłuskiwania.

Na proces obłuskiwania nasion rzepaku mają wpływ następujące ich właściwości fizyczne: podstawowe wymiary, masa właściwa, gęstość usypowa, współczynnik tarcia zewnętrznego, współczynnik restytucji energii kinetycznej, twardość okrywy owocowo-nasiennej i liścieni, wytrzymałość na ściskanie, energia uderzenia w granicy makrouszkodzeń okrywy owocowo-nasiennej, prędkość unoszenia liścieni i okrywy owocowo-nasiennej.

6 MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY

Materiałem do badań był rzepak zakupiony w Centrali Nasiennej w Olsztynie. Przed rozpoczęciem badań doświadczalnych nad obłuskiwaniem nasiona były poddane separacji w pionowym kanale aspiracyjnym, w wyniku tego usunięto drobne zanieczyszczenia oraz połamane i niewykształcone nasiona.

7 WILGOTNOŚĆ NASION

Wilgotność nasion określano metodą suszarkową wg PN-62/R-66163. Do badań wykorzystano suszarkę elektryczną typu KCW-100 PREMEDI z automatyczną regulacją temperatury w granicach $\pm 2^{\circ}\text{C}$ oraz wagę elektroniczną o dokładności pomiaru 0,01 g.

8 WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE NASION RZEPAKU

Znajomość właściwości mechanicznych nasion rzepaku takich jak twardość okrywy owoconasiennej, wytrzymałość nasion na ściskanie, energia uderzenia nasiona pozwala określić optymalną prędkość, z jaką powinny uderzać nasiona o elementy robocze obłuskiwacza. Badania właściwości wykonano dla wilgotności nasion w zakresie od 6,5% do 8,5%. Obróbkę danych doświadczalnych oraz obliczenia statystyczne wykonano na komputerze PC, wykorzystując program komputerowy *STATISTICA*.

Do badań poszczególnych właściwości fizycznych nasion z próby ogólnej, zgodnie z Polską Normą, wydzielono próby laboratoryjne [8]. Przy pomiarach założono, że próbka nasion będzie dostatecznie liczna przy spełnieniu dwóch warunków:

1 wyznaczony maksymalny błąd szacunku będzie mniejszy od błędu założonego

$$d_{\text{zat}} (d_{\text{max}} < d_{\text{zat}});$$

$$d_{\text{max}} = \sqrt{\frac{t_{\alpha}^2 \cdot S^2}{n}}$$

2 rozkład badanej cechy rozdzielczej będzie wykazywał cechy rozkładu normalnego lub logarytmiczno-normalnego.

W przypadku spełnienia obu warunków dla wszystkich mierzonych wielkości fizycznych, liczebność próbki wstępnej uważano za wystarczającą.

Niezbędną liczebność nasion rzepaku w próbkach przeznaczonych do poszczególnych pomiarów wyznaczono przyjmując następujące błędy szacunku:

- średnica nasion $d_z = 0,01$ mm,
- masa 1000 nasion $d_z = 0,01$ g,
- kąt tarcia zewnętrznego $d_z = 0,5^{\circ}$,

- wysokość odbicia nasiona podczas pomiaru współczynnika restytucji energii kinetycznej $d_z = 5$ mm,
- siła powodująca pęknięcie nasiona $d_z = 0,01$ N,
- zmiana wymiarów nasiona podczas pomiarów odkształcenia nasion $d_z = 0,01$ mm,
- wymiary usypanego stożka podczas pomiarów kąta naturalnego usypu nasion $d_z = 1$ mm,
- wysokość zrzucania ciężarka podczas określania energii uderzenia nasion $d_z = 1$ mm.

Do określania masy właściwej wykorzystano metodę opartą na wypełnieniu wolnych przestrzeni między nasionami cieczą (naftą) w znanej objętości próbki nasion. Masę właściwą określono jako stosunek masy nasion do różnicy objętości cieczy i nasion razem, a objętości cieczy wypełniającej wolne przestrzenie między nasionami. Próbki nasion umieszczono w naczyniu szklanym cylindrycznym o objętości 250 cm^3 .

Przy pomiarze gęstości usypowej, wolnych przestrzeni między nasionami nie wypełniano naftą. Nasiona były wsypywane do cylindrycznego naczynia o objętości 250 cm^3 . Dokładność pomiaru objętości wynosiła 1 cm^3 , a wilgotność nasion $6,5 \div 8,5\%$. Masę nasion zawartą w próbce określano na wadze elektronicznej z dokładnością $d = 0,01$ g.

Pomiar współczynnika restytucji energii kinetycznej przeprowadzono wg metody polegającej na pomiarze wysokości odbić od podłoża ze stali po swobodnym spadku nasion ze znanej wysokości. W celu wyznaczenia energii uderzenia, potrzebnej do pęknięcia okrywy owoconasiennej nasiono rzepaku umieszczono na podstawie i uderzano w nie ciężarkiem. Ciężarek spuszczano z ustalonej wysokości h_c . Nasiona uderzano prostopadle lub równoległe do płaszczyzny podziału liścieni.

Wydzielenie poszczególnych cząstek z mieszaniny powstałej po obłuskaniu nasion rzepaku jest możliwe przy znajomości prędkości krytycznej unoszenia w pionowym strumieniu powietrza jej składników. W tym celu przeprowadzono badania określające te prędkości dla całych nasion, liścieni oraz okrywy owoconasiennej. Próbki nasion o masie były separowane pneumatycznie na separatorze laboratoryjnym typu „PETKUS” K-293.

9 WPLYW KONSTRUKCJI TARCZY NA SKUTECZNOŚĆ OBLUSKIWANIA

Do badań wybrano tarcze obłuskujące o kącie nachylenia łopatek 30°, 45°, 60°, 75°, 90° oraz tarcze obłuskujące o średnicy zewnętrznej wypustek 2 mm, 3 mm i 4 mm. Uzyskaną mieszaninę części morfologicznych nasion poddano następnie separacji pneumatycznej. Uzyskane w ten sposób frakcje nasion, liścieni i okrywy owocowo-nasiennej ważono na wadze elektronicznej.

10 WPLYW PRĘDKOŚCI OBWODOWEJ TARCZY NA SKUTECZNOŚĆ OBLUSKIWANIA NASION

Badania wpływu prędkości obwodowej tarczy na skuteczność obłuskiwania wykonano na obłuskiwaczu laboratoryjnym. Obłuskiwanie nasion wykonano na pięciu tarczach z łopatkami oraz na trzech tarczach z wypustkami. Prędkość obwodowa tarcz była zmieniana od 10,10 m/s do 33,95 m/s co 4 m/s. Uzyskaną po obłuskiwaniu mieszaninę całych nasion, liścieni i okrywy owocowo-nasiennej poddawano separacji pneumatycznej na laboratoryjnym separatorze.

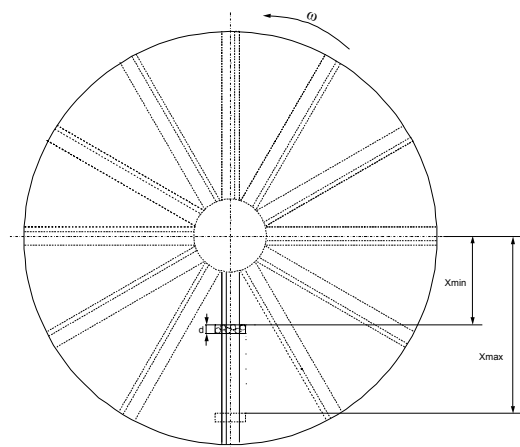
11 WPLYW MIEJSCA PODAWANIA NASION NA TARCZĘ NA SKUTECZNOŚĆ OBLUSKIWANIA

Nasiona podawano na tarcze obłuskiwacza zmieniając położenie zasypu w zakresie 25÷65 mm od środka tarczy (rys. 6). Położenie to zmieniano co 10 mm, wysokość szczeliny nad tarczami obłuskiwacza była stała i wynosiła 3 mm. Tarcze obracały się ze stałą prędkością kątową $\omega = 738$ rad/s. Otrzymaną mieszaninę części składowych nasion separowano na separatorze pneumatycznym. Próbkę po separacji pneumatycznej były następnie ważone na wadze elektronicznej.

12 WPLYW WYSOKOŚCI SZCELINY MIĘDZY TARCZĄ A OBUDOWĄ NA SKUTECZNOŚĆ OBLUSKIWANIA

Wysokość szczeliny nad tarczami zmieniano co 4 mm w zakresie od 3 mm do 19 mm. Otrzyma-

ną mieszaninę obłuskanych nasion separowano na separatorze pneumatycznym. Masa próbek nasion ustalono według PN-EN ISO 542:1997 oraz PN-EN ISO 664:1997.



Rys. 6. Zakresy ustawienia miejsca podawania nasion na tarczy obłuskującej: x_{\min} - minimalna odległość zasypu, x_{\max} - maksymalna odległość zasypu.

13 ANALIZA SITOWA OBLUSKANYCH NASION RZEPAKU

Eksperyment przeprowadzono w celu określenia wielkości cząsteczek rzepaku jakie powstały w wyniku ich obłuskiwania. Obłuskiwanie nasion wykonano na tarczy obłuskującej o kącie nachylenia łopatek 45°. Prędkość kątowa tarczy wynosiła $\omega = 738$ rad/s, wysokość szczeliny nad tarczą 3 mm a odległość zsyłu od środka tarczy 30 mm. Otrzymane próbki separowano na separatorze pneumatycznym. Wydzieloną frakcję liścieni następnie przesiano przez sita o wymiarach oczek 2 mm, 1,5 mm, 1,2 mm, 1,02 mm, 0,6 mm i 0,43 mm. Sita były umieszczone w mimośrodowym odsiewaczu laboratoryjnym typu SZ-1.

14 SKUTECZNOŚĆ OBLUSKIWANIA

Skuteczność obłuskiwania czyli jakość usuwania okrywy owocowo-nasiennej z nasion rzepaku jest wyrażona procentowym udziałem liczby nasion obłuskanych do całkowitej liczby nasion poddanej obłuskiwaniu.

$$S_{obl} = \frac{l_{cn} - l_{nob}}{l_{cn}} \cdot 100\%$$

l_{cn} - całkowita liczba nasion poddanych obłuskiwaniu [g],

I_{nob} - ilość nasion nieobłuskanych [g],

S_{obl} – skuteczność obłuskiwania [%].

Obłuskane nasiona charakteryzują się tym, iż okrywa owocowo-nasienna i wewnętrzne części morfologiczne nasiona są rozdzielone. Przy określaniu skuteczności obłuskiwania poszczególne składniki nasion były wyodrębniane za pomocą strumienia powietrza w kanale aspiracyjnym separatora pneumatycznego. W trakcie separacji pneumatycznej mieszanina obłuskanych nasion rzepaku była rozdzielana na trzy frakcje tj. nasiona - które nie uległy obłuskiwaniu, liścienie wewnętrzne i liścienie zewnętrzne oraz części mączyste – w skład których wchodziły połamane części okrywy owocowo-nasiennej, rozdrobnione liścienie i korzonki zarodkowe. Duże rozdrobnienie liścieni jest zjawiskiem niekorzystnym z uwagi na to, że utrudnia wydobycie oleju oraz separację całych liścieni. Rzeczywistą miarą stopnia rozdrobnienia liścieni jest procentowy udział liścieni uszkodzonych w całkowitej liczbie liścieni.

$$S_{\text{rozdr}} = \frac{I_{\text{uszk}}}{I_{\text{calk}}} \cdot 100\%$$

S_{rozdr} - stopień rozdrobnienia liścieni [%],

I_{uszk} – ilość liścieni uszkodzonych [g].

I_{calk} - całkowita liczba liścieni [g].

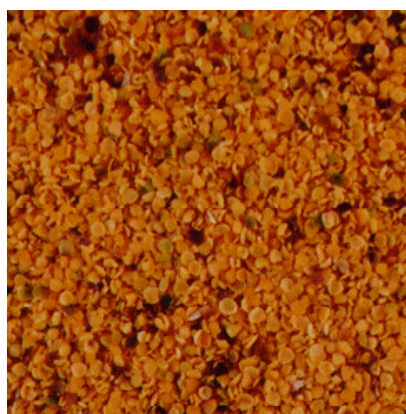
15 MIKROSTRUKTURA POWIERZCHNI NASION

Zewnętrzna powierzchnia nasiona posiada liczne pory i zagłębienia zwiększające powierzchnię okrywy owocowo-nasiennej. Zwiększają one również współczynnik tarcia zewnętrznego co wpływa na kontakt nasion z elementami roboczymi obłuskiwacza. W części biegunowej nasiona występuje wgłębienie wywołane znajdującym się pod okrywą owocowo-nasienną korzonkiem zarodkowym. Fakt, że nasiono nie jest jednorodną, gładką kulą pozwala przypuszczać, że istnieją miejsca na powierzchni okrywy owocowo-nasiennej szczególnie podatne na pęknięcie. Krawędź pękniętej okrywy owocowo-nasiennej pod wpływem naprężeń stykowych jest niejednorodna i poszarpana na co mają wpływ nierówności powierzchni okrywy owocowo-nasiennej.

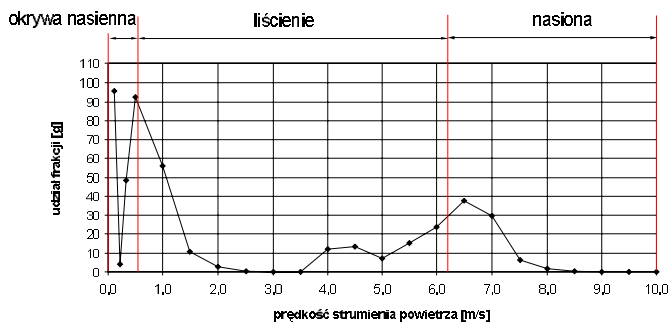
16 WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE NASION RZEPAKU

Badania wykonane na nasionach rzepaku pozwoliły określić ich właściwości fizyczne, które zasadniczo wpływają na usuwanie okrywy owocowo-nasiennej. Poszczególne badania wykonano na odpowiednich stanowiskach badawczych i dotyczyły one zarówno cech geometrycznych jak i wytrzymałościowych nasion. Wyniki badań zostały przedstawione w postaci obliczonych parametrów statystycznych. Wprowadzono równania regresji opisujące zależności między ilością uzyskanych frakcji obłuskanych nasion rzepaku a parametrami roboczymi obłuskiwacza.

Istotne znaczenie ma prędkość unoszenia poszczególnych składników mieszaniny powstałej po obłuskiwaniu nasion rzepaku w procesie ich separacji. Z pomiarów wynika, że prędkość strumienia powietrza w pionowym kanale aspiracyjnym o przekroju kwadratowym, w którym całe nasiona oraz nasiona pozbawione okrywy owocowo-nasiennej zaczęły opadać z mieszaniny obłuskanych nasion rzepaku, wynosi $v_k \leq 6,11$ m/s. Liścienie wewnętrzne i zewnętrzne nasion rzepaku zaczęły opadać w strumieniu powietrza przy prędkości $0,55$ m/s $< v_k < 6,11$ m/s. Natomiast prędkość unoszenia całej okrywy owocowo-nasiennej i drobnych cząstek wynosiła $v_k \leq 0,55$ m/s. Przeprowadzone badania nad zakresem prędkości pionowego strumienia powietrza, w których odbywa się podział mieszaniny obłuskanego rzepaku na frakcje uwiadcniają dużą różnicę w zakresie prędkości oddzielania liścieni gdzie znajdują się również korzonki zarodkowe.



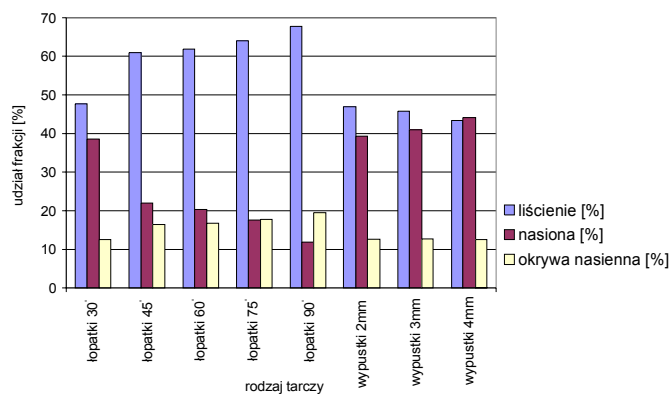
Rys. 7. Liścienie odseparowane w strumieniu powietrza ($0,55$ m/s $< v_k < 6,11$ m/s).



Rys. 8. Zakresy prędkości powietrza, przy których następuje wydzielanie poszczególnych frakcji obłuskanego rzepaku.

17 WPŁYW KONSTRUKCJI TARCZY NA SKUTECZNOŚĆ OBŁUSKIWANIA

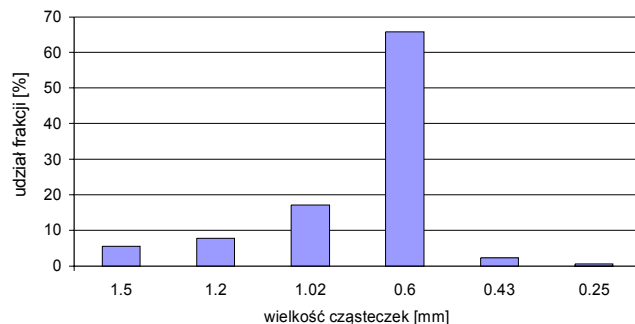
W celu określenia wpływu konstrukcji tarczy na obłuskiwanie nasion rzepaku przeprowadzono badania porównawcze z wykorzystaniem wszystkich tarcz. Badania wykonano dla dwóch wartości prędkości kątowej tarcz, stałej szczeliny nad tarczą oraz stałego miejsca zasilania tarczy nasionami.



Rys. 9. Porównanie wpływu konstrukcji tarczy na skuteczność obłuskiwania (prędkość kątowa tarczy $\omega = 828$ rad/s).

18 ANALIZA SITOWA OBŁUSKANYCH NASION RZEPAKU

W badaniach eksperymentalnych wykonano analizę sitową wybranych próbek. Do badań wybrano frakcję liścieni i frakcję okrywy owocowo-nasiennej otrzymaną po obłuskaniu nasion rzepaku na tarczy z łopatkami o kącie nachylenia 45° .



Rys. 10. Rozkład cząstek liścieni nasion rzepaku poddanych obłuskiwaniu.

19 SKUTECZNOŚĆ OBŁUSKIWANIA NASION RZEPAKU

Efekt obłuskiwania nasion rzepaku jest przedstawiony w tabeli 1. Przedstawione wyniki ukazują występowanie frakcji nasion nieobłuskanych wydzielonej za pomocą separatora pneumatycznego tzw. „liścieni związanych z okrywą owocowo-nasienną”, u których nie nastąpiło całkowite pęknięcie okrywy owocowo-nasiennej. Frakcja liścieni wydzielona klasyfikatorem pneumatycznym zawiera znaczną ilość korzonków zarodkowych. Okrywa owocowo-nasiennej odseparowana przy prędkości strumienia powietrza poniżej 0,55 m/s zawiera części mączyste powstałe z nadmiernego rozdrobnienia okrywy owocowo-nasiennej jak i liścieni.

Tabela 1. Efekt obłuskiwania nasion rzepaku poddanych obłuskiwaniu tarczami o różnych konstrukcjach (prędkość kątowa tarczy $\omega = 738$ rad/s, szczelina nad tarczą 3 mm, miejsce podawania nasion na tarczę 30 mm, prędkość strumienia powietrza podczas separacji nasion 6,11 m/s, dla liścieni 0,55 m/s).

Rodz. tarczy	Frakcja nasiona		Frakcja liścienie		Frakcja okrywa owocowo-nasienna	
	nasiona czyste [%]	liścienie związane z okrywą owocowo-nasienną [%]	liścienie czyste [%]	korzonki zarodkowe [%]	czysta okrywa owocowo-nasienna [%]	części mączyste [%]
30°	26,03	24,34	32,80	5,53	8,56	2,74
45°	19,31	19,16	40,52	6,86	8,65	3,78
60°	18,63	18,41	42,07	6,70	8,94	3,55
75°	14,71	14,88	46,34	8,20	8,69	4,39
90°	16,62	17,33	43,91	7,21	8,82	3,90
2mm	28,24	27,89	28,93	4,45	8,58	2,57
3mm	29,11	27,89	28,76	4,36	8,09	2,65
4mm	27,06	27,66	29,80	4,84	7,98	2,89

20 EKSPERYMENT MONTE CARLO

Eksperyment Monte Carlo przeprowadzono na wynikach badań uzyskanych podczas obłuskiwania nasion rzepaku. W badaniach uwzględniono wszystkie tarcze. Parametrami zmiennymi były prędkość kątowna tarczy obłuskiwacza, wysokość szczeliny roboczej nad tarczą, kąt pochylenia łopatki dla tarcz z łopatkami oraz zewnętrzna średnica cylindrycznej wypustki dla tarcz z wypustkami. Dane z badań poddano analizie wykorzystując moduł modelowania równań strukturalnych „SEPATH” w programie *STATISTICA*.

21 PODSUMOWANIE

- ◆ Analiza teoretyczna zjawisk zachodzących w przestrzeni roboczej obłuskiwacza może posłużyć do budowy modelu matematycznego obłuskiwania nasion o budowie morfologicznej zbliżonej do nasion rzepaku.
- ◆ Na podstawie badań eksperymentalnych wyprowadzono równania regresji opisujące zależności między ilością uzyskanych frakcji obłuskanych nasion rzepaku a parametrami roboczymi obłuskiwacza.
- ◆ Wykonano eksperyment Monte Carlo dla określenia wpływu poszczególnych parametrów roboczych obłuskiwacza tarczowego na obłuskiwanie nasion rzepaku.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Fitzpatrick K. (1991); Dehulling of Canola Seed Meeting. September 4, 1991. Canola Council of Canada. Winnipeg.
- 2) Kozłowska H., Zadernowski R., Nowak H., Lossow B. (1978); Opracowanie metod usuwania okrywy nasiennej z nasion rzepaku. Cz. III sprawozdania pt. Opracowanie technologii otrzymywania koncentratów białka z nasion rzepaku z uwzględnieniem ich teksturowania wraz z oceną efektywności ekonomicznej, w ramach CPBR, Olsztyn.
- 3) McCurdy S., McGregor I., Sokhansani S., Thakor N. J. (1998); Dehulling of Canola by Hydrothermal Treatments. The 12th Project Report. Research on Canola, Seed, Oil and Meal: 1-7, Manitoba.
- 4) Mieszkalski L., Anders A. (1999); Analiza parametrów separacji okrywy nasiennej z mieszaniny powstałej po obłuskaniu nasion rzepaku. *Inżynieria Rolnicza* Nr 2(8): 29-36.
- 5) Niewiadomski H. (1983); *Technologia nasion rzepaku*. PWN, Warszawa.
- 6) Patience J.F., Gillis D. de Lange C.F.M. (1998); The Evaluation of Dehulled Canola Meal as

a Replacement for Soybean Meal in the Diets of Growing and Finishing Pigs. The 12th Project Report. Research on Canola, Seed, Oil and Meal: 21-28, Manitoba.

- 7) Polska Norma PN-62/R-66163, Oznaczanie zawartości wody w nasionach oleistych, makuchach i śrutach poekstrakcyjnych.
- 8) Polska Norma PN-EN ISO 542:1997 – Nasiona oleiste, Pobieranie próbek.
- 9) Polska Norma PN-EN ISO 658:1998, Nasiona oleiste, Oznaczanie zawartości zanieczyszczeń.
- 10) Polska Norma PN-EN ISO 664:1997 – Nasiona oleiste, Redukcja próbki laboratoryjnej do próbki analitycznej.
- 11) Rotkiewicz D., Zadernowski R. (1996); Obłuskiwanie nasion rzepaku jako sposób poprawy jakości oleju i śruty. I Międzyuczelniane Seminarium nt. Obłuskiwanie nasion, IMUR, ART. w Olsztynie.
- 12) Sarniak M., (1997); Metoda szacowania skuteczności obłuskiwania nasion rzepaku. Rozprawa doktorska. Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii. Płock.