

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH NASION OGÓRECZNIKA LEKARSKIEGO W ASPEKTCIE WYKORZYSTANIA ICH W DOSKONALENIU PROCESU CZYSZCZENIA

Dariusz Choszcz, Krzysztof Jadwisieńczyk, Stanisław Konopka

Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań czyszczenia mieszaniny nasion ogórecznika lekarskiego, w oparciu o wykorzystanie cech geometrycznych i aerodynamicznych. Stwierdzono, że czyszczenie w kanale aspiracyjnym, przy prędkości powietrza $6,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie na sicie o szerokości otworów prostokątnych $2,2 \text{ mm}$, umożliwia uzyskanie czystości produktu wymaganej dla materiału siewnego, wynoszącej 97% . Podano również formuły matematyczne opisujące zmienność wskaźników jakości procesu czyszczenia w zależności od prędkości strumienia powietrza oraz szerokości otworów sit.

Słowa kluczowe: nasiona ogórecznika lekarskiego, cechy geometryczne, właściwości aerodynamiczne, jakość czyszczenia

Wykaz oznaczeń:

- a – długość nasion ogórecznika [mm],
- b – szerokość nasion ogórecznika [mm],
- c – grubość nasion ogórecznika [mm],
- C – czystość mieszaniny [%],
- M – masa nasion ogórecznika w próbce [g],
- M_C – całkowita masa próbki [g],
- m – masa nasion ogórecznika w produkcie czyszczenia [g],
- m_c – masa nasion ogórecznika w próbie przed czyszczeniem [g],
- S – straty nasion ogórecznika [%],
- M_{zc} – masa zanieczyszczeń w próbie przed czyszczeniem [g],
- M_z – masa zanieczyszczeń w próbie po czyszczeniu [g],
- V – krytyczna prędkość unoszenia w pionowym strumieniu powietrza [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
- η – skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń [%].

Wprowadzenie

Ogórecznik lekarski (*Borago officinalis* L.) jest jednoroczną rośliną należącą do rodziny ogórecznikowatych (szorstkolistnych), osiągającą wysokość od 50 do 80 cm i mającą drobne niebieskie kwiaty rozkwitające z początkiem czerwca [Seitz 1997].

Roślina ta, prawdopodobnie pochodzi z zachodnich wybrzeży Morza Śródziemnego, albo Syberii lub Azji Mniejszej. W Polsce do 1993 roku występowała w formie dziczynej i traktowano ją jako chwast. Obecnie należy do roślin uprawnych, a obszar wszystkich krajowych plantacji szacowany jest na ok. 2000 ha. Pomimo niewielkich wymagań klimatyczno-glebowych, plantacje tej rośliny w Polsce skoncentrowane są głównie na Kujawach, w północno-wschodniej Wielkopolsce oraz województwie łódzkim [Zioła z apteki natury 2007; KPODR].

Obecnie najpopularniejsze zastosowanie ma olej z nasion ogórecznika, który ma działanie przeciwzapalne, przeciwalergiczne, przeciwzakrzepowe, obniżające ciśnienie krwi i poziom cholesterolu [Zioła z apteki natury 2007].

Podstawowym surowcem są oleiste nasiona, które zaczynają dojrzewać na przełomie lipca i sierpnia. Ich zbiór jest dwufazowy. W pierwszym etapie ścina się rośliny (kosiarką pokosową), a po kilku dniach (gdy ogórecznik w pokosie dojrzeje) – zbiera się je kombajnem zbożowym z podbieraczem (etap II). Pozbiorowy materiał należy jak najszybciej doczyścić (najczęściej wykorzystuje się do tego celu czyszczalnię złożoną typu Petkus) i wysuszyć do wilgotności ok. 11%. Występowanie w pozbiorowym surowcu, bez względu na jego przeznaczenie (pozyskiwanie oleju, materiał siewny), znacznych ilości zanieczyszczeń (których przyczyną może być np. nieodpowiednie oczyszczenie kombajnu) może spowodować obniżenie wartości materiału. Przykładowo wzrost temperatury mieszaniny do ok. 40°C, powoduje nieodwracalne zmiany w oleju i w konsekwencji spadek ceny kontraktacyjnej o ok. 30% [KPODR].

Cel pracy

Zasadniczym celem pracy było wyznaczenie najlepszych parametrów zespołów urządzeń czyszczących (szerokości otworów sit i prędkości strumienia powietrza) w aspekcie uzyskania najkorzystniejszych wskaźników jakości procesu czyszczenia, tj. maksymalnej czystości produktu i skuteczności wydzielenia zanieczyszczeń oraz minimalnych strat nasion ogórecznika.

Metodyka badań

Materiałem badawczym były nasiona ogórecznika lekarskiego pobrane od plantatora w województwie kujawsko-pomorskim bezpośrednio po zbiorze. Czystość zebranej mieszaniny określono z zależności (1). Wynosiła ona 85,07%.

$$C = \frac{M}{M_c} \cdot 100 \quad (1)$$

Przed przystąpieniem do badań właściwych określono również (zgodnie z PN-91/A-74010) metodą suszarkową (suszarka KCW-100) wilgotność względną zebranej mieszanki, która wynosiła 13,7%. Natomiast masa tysiąca samych nasion ogórecznika była równa 17,06g, a wilgotność 12,4%.

Badania przeprowadzone w Laboratorium Procesów Separacji UWM w Olsztynie obejmowały dwa etapy.

W pierwszym etapie badań wstępnych określono podstawowe cechy fizyczne nasion ogórecznika lekarskiego. Do pomiarów wymiarów geometrycznych wybrano losowo 500 nasion, traktowanych jako próbę wstępną (n_o) w oparciu o metodę reprezentatywną [Greń 1984].

Cechy geometryczne określano za pomocą mikroskopu warsztatowego typu BK 70x50, umożliwiającego pomiar wymiarów liniowych w trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyznach, zgodnie z metodyką opisaną przez Choszcza [2009]. Ze względu na technikę pomiaru cech geometrycznych, przy wykorzystaniu wymienionego przyrządu, oprócz szerokości (b) nasion ogórecznika, określono również ich długość (a) i grubość (c). Przyjęto, że dopuszczalny błąd pomiarów poszczególnych wymiarów (d) wynosił 0,05 mm.

Do określenia prędkości krytycznej unoszenia w pionowym kanale aspiracyjnym użyto 20 prób po 500g nasion ogórecznika. Pomiaru wykonywano przy wykorzystaniu separatora pneumatycznego typu Petkus K-293 zgodnie z metodyką opisaną przez Choszcza i Wierzbickiego [1994]. Założono, że błąd pomiaru wartości prędkości strumienia powietrza (d) nie będzie przekraczał $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Wyniki pomiarów cech geometrycznych i aerodynamicznych opracowano statystycznie. Do obliczeń przyjęto, że poziom istotności $\alpha=0,05$.

Weryfikowano hipotezy zakładające, że empiryczne rozkłady wartości poszczególnych cech są zgodne z rozkładem normalnym. Obliczenia przeprowadzono stosując test χ^2 -Pearsona.

Sprawdzono również, czy liczebność próbek przyjętych do pomiarów jest wystarczająca. Do obliczeń stosowano następującą zależność [Greń 1984]:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot s^2}{d^2} \quad (2)$$

gdzie:

- n – minimalna liczebność próby,
- t_{α} – wartość odczytana z rozkładu t-Studenta,
- s^2 – wariancja oszacowana dla próby wstępnej (n_o),
- d – maksymalny błąd pomiaru.

W przypadku, gdy rozkład mierzonej cechy był zgodny z rozkładem normalnym i zachodziła relacja, że liczebność próby wstępnej (n_o) była większa od minimalnej (n) liczebność próby wstępnej uznawano za wystarczającą.

Natomiast, etap badań właściwych związany był z ustaleniem najlepszych parametrów elementów roboczych zespołów czyszczących pod względem uzyskania najkorzystniejszych wskaźników jakości czyszczenia, tj.: maksymalnej czystości (C) produktu i skuteczności (η) wydzielenia zanieczyszczeń oraz minimalnych strat (S) nasion gatunku podstawowego. Realizacja tego zadania wymagała określenia minimalnej i maksymalnej wartości

szerokości (b) otworów sit oraz prędkości strumienia powietrza (V) w kanale aspiracyjnym. Celem usunięcia zanieczyszczeń lekkich i grubych, materiał został wstępnie oczyszczony w kanale aspiracyjnym, przy prędkości powietrza $4,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i przesiany przez sito o szerokości otworów $4,0 \text{ mm}$.

Minimalną szerokość otworów sita wyznaczono zgodnie z zależnością podaną przez Grochowicza [1994] w oparciu o tzw. regułę „trzech sigm”. Obliczona (minimalna) szerokość otworów sita odsiewającego wynosiła $1,8 \text{ mm}$. Analogiczny tok postępowania występował w przypadku ustalenia minimalnej wartości krytycznej prędkości unoszenia. Ustalono, że minimalna wartość tego parametru wynosi $4,40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Natomiast, górną granicę zmian wymienionych parametrów wyznaczono na podstawie kryterium zakładającego, że do odpadu procesu czyszczenia trafia mniej niż połowa nasion gatunku podstawowego lub czystość produktu nie ulega zwiększeniu.

W rezultacie pomiary przeprowadzono przy następujących czynnikach zmiennych:

- szerokość (b) otworów sit zmieniano w zakresie od $1,8$ do $2,5 \text{ mm}$, co $0,1 \text{ mm}$,
- prędkość strumienia powietrza (V) w kanale klasyfikatora pneumatycznego zmieniano w zakresie od $4,40$ do $7,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, co $0,55 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Doświadczenia wykonano dla wszystkich możliwych kombinacji parametrów zmiennych w trzech powtórzeniach.

Po przeprowadzeniu doświadczeń obliczono czystość (C) nasion ogórecznika zgodnie ze wzorem (1), uwzględniając, że całkowita masa próbki $M_c=500 \text{ g}$. Natomiast straty (S) i skuteczność wydzielania zanieczyszczeń (η) wyznaczono odpowiednio z zależności (3) i (4):

$$S = \frac{m_c - m}{m_c} \cdot 100 \quad (3)$$

$$\eta = \frac{M_{zc} - M_z}{M_{zc}} \cdot 100 \quad (4)$$

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, przy wykorzystaniu pakietów programów statystycznych, stosując analizę regresji z krokową procedurą eliminacji zmiennych [Statistica Pl. 1997, Mikołajczak 2001].

Wyniki badań i ich analiza

Rezultaty pomiarów i obliczeń dla analizowanych cech fizycznych nasion ogórecznika przedstawiono w tabeli 1, w której zestawiono podstawowe miary położenia i rozproszenia mierzonych cech oraz minimalne i wstępnie przyjęte do pomiarów liczebności prób.

Opracowanie wyników pomiarów cech wykazało, że przyjęta do badań liczebność próbek była wystarczająca. Wyliczona ze wzoru (2) niezbędna liczebność prób (n), przy określaniu cech geometrycznych, w ekstremalnym przypadku (dla długości) wynosiła 426 nasion. Wyznaczona minimalna niezbędna liczebność próby ($n=19$) do określenia średniej wartości prędkości krytycznej unoszenia nasion w pionowym strumieniu powietrza była mniejsza od liczebności próby wstępnej ($n_0=20$). Nie było również podstaw do odrzucenia

Charakterystyka wybranych właściwości...

hipotezy, że empiryczne rozkłady poszczególnych cech są zgodne z rozkładem normalnym. Dlatego, też można je uznać jako reprezentatywne i na ich podstawie, ustalać najkorzystniejsze parametry robocze zespołów czyszczących takie, jak: wymiary otworów sit i prędkość strumienia powietrza w kanale aspiracyjnych dla tej partii nasion.

Tabela 1. Zestawienie wyników pomiarów i obliczeń dla analizowanych cech fizycznych nasion ogórecznika lekarskiego

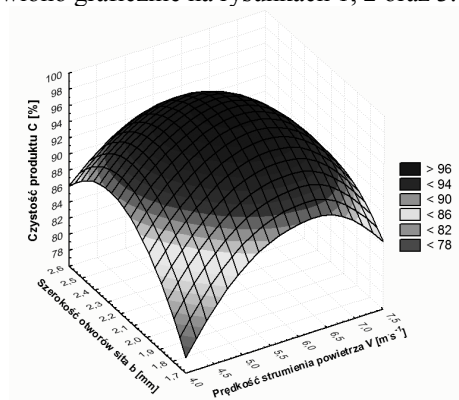
Table 1. A list of measurement results and calculations for the analysed physical properties of borage seeds

Parametr	Cecha			
	Długość (a)	Szerokość (b)	Grubość (c)	Krytyczna prędkość unoszenia (V)
Wartość średnia [mm], [m·s ⁻¹]*	5,21	3,07	2,66	7,24*
Odchylenie standardowe [mm], [m·s ⁻¹]*	0,5262	0,3154	0,3861	0,9763*
Współczynnik zmienności [%]	10,10	10,27	14,52	13,49
Minimalna liczebność próby (n)	426	153	230	19
Liczebność próby wstępnej (n ₀)	500	500	500	20

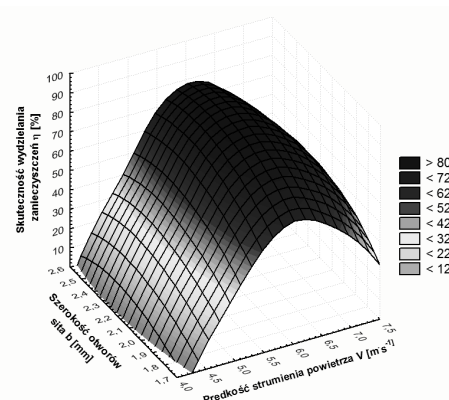
* - wartości wyrażenia [m·s⁻¹]

Źródło: obliczenia własne autorów

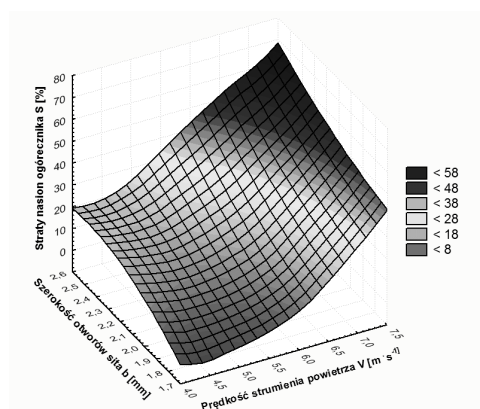
Wyniki dotyczące wpływu czynników zmiennych (szerokości otworów sit i prędkości strumienia powietrza) na wartości wskaźników określających jakość czyszczenia przedstawiono graficznie na rysunkach 1, 2 oraz 3.



Rys. 1. Czystość produktu (C) w zależności od szerokości otworów sit (b) i prędkości strumienia powietrza (V)
Fig. 1. Product purity (C) in relation to the width of sieve meshes (b) and air stream speed (V)



Rys. 2. Skuteczność wydzielania zanieczyszczeń (η) w zależności od szerokości otworów sit (b) i prędkości strumienia powietrza (V)
Fig. 2. The effectiveness of exhaust emission (η) in relation to the width of the sieve meshes (b) and air stream speed (V)



Rys. 3. Straty nasion ogórecznika lekarskiego (S) w zależności od szerokości otworów sit (b) i prędkości strumienia powietrza (V)

Fig. 3. The loss of borage seeds (S) in relation to the width of the sieve meshes (b) and air stream speed (V)

Analizując wyniki badań można stwierdzić, że wzrost prędkości strumienia powietrza w zakresie od $4,40$ do $6,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ powoduje zwiększenie czystości od kilku (przy otworach o szerokości $1,8 \text{ mm}$) do kilkunastu procent (przy otworach o szerokości $2,5 \text{ mm}$), przy jednoczesnym zwiększeniu skuteczności wydzielania zanieczyszczeń o ok. 60% . Po przekroczeniu wartości prędkości strumienia powietrza wynoszącej $6,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ maleje skuteczność wydzielania zanieczyszczeń i czystość produktu. Natomiast straty nasion ogórecznika rosną wraz ze wzrostem prędkości strumienia powietrza, od ok 1 do ponad 35% (przy otworach o szerokości $1,8 \text{ mm}$) i od ok. 20 do ok. 58% (przy otworach o szerokości $2,5 \text{ mm}$).

Rozpatrując wpływ szerokości otworów sit można ogólnie stwierdzić, że wraz ze zwiększaniem szerokości otworów od $1,8$ do $2,2 \text{ mm}$ zwiększa się czystość produktu od ok. 3 do 7% i skuteczność wydzielania zanieczyszczeń od ok. 10 do 15% . Natomiast straty nasion wraz ze zwiększaniem szerokości otworów zwiększają się o ok. $15\div 25\%$.

Rozpatrując łącznie trzy kryteria, które przyjęto jako wskaźnik oceny jakości czyszczenia (czystość produktu, skuteczność wydzielania zanieczyszczeń oraz straty nasion ogórecznika lekarskiego) można odnotować, że najlepsze rezultaty osiągnięto czyszcząc mieszaninę w kanale aspiracyjnym, w którym prędkość strumienia powietrza wynosiła $6,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie przesiewając ją przez sito o otworach prostokątnych o szerokości $2,2 \text{ mm}$. Dla wymienionych parametrów roboczych czystość produktu wynosiła $97,5\%$, przy skuteczności wydzielania zanieczyszczeń ponad 80% i stratach nasion gatunku podstawowego wynoszących ok. 24% .

Opracowanie statystyczne wyników badań wykazało, że funkcją najlepiej odzwierciedlającą zmianę wartości zmiennych zależnych (C , η oraz S) w zależności od przyjętych czynników zmiennych (b oraz V) jest wielomian stopnia drugiego. Dla opracowanych stochastycznych modeli wartości współczynników korelacji wielokrotnej były wysokie (ponad $0,95$), przy stosunkowo niskim procencie zmienności losowej (poniżej 10%).

Czystość produktu (C), skuteczność wydzielania zanieczyszczeń (η) oraz straty (S) analizowanej partii nasion ogórecznika, w zależności od prędkości strumienia powietrza

w kanale aspiracyjnym (V) oraz szerokości (b) otworów sit, zmieniają się zgodnie z zależnościami:

$$C = 42,63 V + 175,73 b - 2,87 V^2 - 34,38 b^2 - 4,37 V b - 217,41 \quad (5)$$

$$\eta = 235,78 V + 253,32 b - 19,08 V^2 - 55,76 b^2 - 936,25 \quad (6)$$

$$S = 5,67 V b - 46,84 \quad (7)$$

Wnioski

1. Czyszczenie nasion ogórecznika lekarskiego przy wykorzystaniu cech geometrycznych i aerodynamicznych umożliwia uzyskanie wysokiej czystości produktu spełniającej również wymagania dla materiału siewnego, dla którego czystość nie może być niższa niż 97%. Niestety, uzyskanie wysokiej czystości odbywa się kosztem strat nasion ogórecznika wynoszących ponad 20%.
2. Wyznaczone, dodatkowo, parametry charakteryzujące długość i grubość nasion ogórecznika mogą posłużyć do modyfikacji operacji technologicznych związanych z czyszczeniem (np. zmniejszeniem strat) lub pozyskiwaniem oleju.
3. Przedstawiony w pracy tok postępowania może być wykorzystany do ustalenia najkorzystniejszych wskaźników oceny jakości czyszczenia innych mieszanin nasiennych. Podkreślenia wymaga jednak fakt, że opisana procedura musi być rygorystycznie przestrzegana, gdyż nawet nasiona tego samego gatunku i odmiany z upraw o różnych np. warunkach abiotycznych mogą istotnie różnić się pod względem analizowanych cech fizycznych.

Bibliografia

- Choszcz D., Wierzbicki K.** 1994. Badania nad wydzielaniem nasion przytulii czepnej z nasion rzepaku i gorczycy z wykorzystaniem cech geometrycznych i aerodynamicznych. Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., Aedif. Mech. No 25. s. 61-69.
- Choszcz D.** 2009. Efektywność rozdzielania mieszaniny nasion rzepaku i przytulii czepnej w separatorze z taśmą pętelkową. Inżynieria Rolnicza. Nr 7(116). ISSN 1429-7264.
- Greń J.** 1984. Statystyka matematyczna. Modele i zadania. PWN. Warszawa. ISBN 83-01-03699-0.
- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. AR. Lublin. ISBN 83-901612-9-X.
- Mikołajczak J.** 2001. Statystyka matematyczna z pakietem „WINSTAT” na CD. Wydawnictwo UWM. Olsztyn. ISBN 83-7299-113-8.
- Seitz P.** 1997. Rośliny przyprawowe i aromatyczne-uprawa, zbiór i zastosowanie. Kieszonkowy przewodnik. Wyd. Multico. Warszawa. ISBN 837073-151-1.
- Statistica Pl dla Windows – dokumentacja pakietu. 1997. StatSoft Polska Sp. z.o.o. Kraków. ISBN 83-904735-5-0.
- Zioła z apteki natury. 2007. Praca zbiorowa. Wyd. PUBLICAT S.A. Poznań. ISBN 978-83-245-1222-5

CHARACTERISTICS OF SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF BORAGE SEEDS IN THE ASPECT OF THEIR USE FOR THE IMPROVEMENT OF CLEANING PROCESS

Abstract. The results of research on cleaning the mixture of borage seeds were presented based on geometrical and aerodynamic features. It was stated that cleaning in the aspiration channel with air speed of $6.05\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, then on a sieve with 2.2 mm wide rectangular meshes, enables obtaining 97 % of product purity required for the sowing material. Moreover, mathematical formulas describing the variability of cleaning process quality rates in relation to the air stream speed as well as width of sieve meshes were provided.

Key words: borage seeds, geometrical properties, aerodynamic properties, cleaning quality

Adres do korespondencji:

Krzysztof Jadwisieńczyk; e-mail: krzychj@moskit.uwm.edu.pl
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Oczapowskiego 11
10-719 Olsztyn