

EFEKTYWNOŚĆ CZYSZCZENIA NASION OGÓRECZNIKA LEKARSKIEGO (*BORAGO OFFICINALIS L.*)

Dariusz Jan Choszcz, Krzysztof Konrad Jadwisieńczyk, Stanisław Konopka
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań nad możliwością odzyskiwania nasion ogórecznika lekarskiego wydzielanych do odpadu podczas czyszczenia. Stwierdzono, że wydzielenie nasion ogórecznika z odpadu przy stosowaniu tylko kanału aspiracyjnego lub sit jest mało skuteczne. Natomiast stosując czyszczenie w kanale aspiracyjnym, przy prędkości powietrza $5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie na sicie o średnicy otworów 2,8 mm, można odzyskać ponad 60% nasion ogórecznika lekarskiego wydzielonych do odpadu, przy czystości produktu spełniającej wymagania dla materiału siewnego powyżej 97%. Podano również formuły matematyczne opisujące przebieg procesu rozdzielania.

Słowa kluczowe: nasiona ogórecznika lekarskiego, odpad, efektywność czyszczenia

Wykaz oznaczeń:

- C_i – czystość mieszaniny [%],
- M_i – masa nasion ogórecznika lekarskiego w próbce laboratoryjnej [g],
- M_c – całkowita masa próbki laboratoryjnej [g],
- m_i – masa nasion ogórecznika lekarskiego w produkcie czyszczenia odpadu [g],
- m_c – masa nasion ogórecznika lekarskiego w próbce przed czyszczeniem [g],
- S_i – straty nasion ogórecznika lekarskiego [%],
- η – skuteczność wydzielania nasion ogórecznika lekarskiego z odpadu [%],
- M_{zc} – masa zanieczyszczeń w próbce przed czyszczeniem [g],
- M_z – masa zanieczyszczeń w próbce po czyszczeniu [g],
- U_z – udział zanieczyszczeń w odpadzie przeznaczonym do czyszczenia [%].

Wprowadzenie

W ostatnich latach coraz bardziej wzrasta zainteresowanie uprawą tzw. roślin niszowych. Jedną z takich roślin jest ogórecznik lekarski, której obszar uprawy wszystkich plantacji krajowych wynosi ok. 2 tys. ha. Plantacje tej uprawy głównie skoncentrowane są na Kujawach, w północno-wschodniej Wielkopolsce oraz w województwie łódzkim. Podstawowym surowcem pozyskiwanym z tej rośliny są: oleiste nasiona, z których uzyskany olej ma działanie przeciwzapalne, przeciwalergiczne, przeciwzakrzepowe, obniżające ciśnienie krwi i poziom cholesterolu [KPODR 2007].

Nasiona tego gatunku dojrzewają na przełomie lipca i sierpnia, a zbierane są dwufazowo, co sprzyja powstawaniu znaczących strat. Straty powstają podczas wszystkich operacji jednostkowych związanych z produkcją nasion ogórecznika lekarskiego, a największe występują podczas zbioru i czyszczenia. Tylko w operacji czyszczenia udział nasion wydzielanych do odpadu szacowany jest na 20+30% ogólnego plonu.

Cel pracy

Celem pracy było określenie możliwości odzyskiwania nasion ogórecznika lekarskiego wydzielanych do odpadu podczas operacji czyszczenia.

Metodyka badań

Materiał pobrano z odpadu procesu czyszczeniu nasion ogórecznika lekarskiego w czyszczalni Petkus K-530, w której stosowano sito górne o średnicy otworów 4,5 mm i sito dolne z otworami prostokątnymi o szerokości wynoszącej 1,5 mm. Próbkę o masie 100g pobierano losowo przez 4,5 h, co 0,5 h. Następnie 10 próbek rozdzielono manualnie na nasiona gatunku podstawowego oraz zanieczyszczenia i obliczono czystość mieszaniny (udział nasion ogórecznika lekarskiego w odpadzie) z zależności (1):

$$C_i = \frac{M_i}{M_c} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

Badania związane z ustaleniem możliwości odzyskiwania nasion z odpadu czyszczenia realizowano w Laboratorium Procesów Separacji UWM w Olsztynie. Doświadczenia prowadzono na laboratoryjnym klasyfikatorze pneumatycznym K-293 oraz przesiewaczu sitowym K-294, w którym montowano tylko jedno sito. Do tego celu wykorzystano mieszaninę sporządzoną z partii stanowiącej odpad czyszczenia, przygotowując próbki o masie 0,5 kg.

Eksperyment na wyżej wymienionych urządzeniach realizowano w trzech wariantach, czyszcząc mieszaninę: tylko w strumieniu powietrza, tylko na sicie, najpierw w kanale aspiracyjnym, a następnie na sicie.

Po przeprowadzeniu doświadczeń wstępnych ustalono zakres zmian stosowanych parametrów. Wyznaczono je w taki sposób, że ich zmienność ograniczona była z jednej strony tym, że cały materiał pobrany do badań wydzielany był do odpadu, z drugiej zaś – cały materiał wydzielany był do produktu.

Pomiary przeprowadzono przy następujących parametrach:

- prędkość strumienia powietrza w kanale klasyfikatora pneumatycznego (V): 4,40; 4,95; 5,50; 6,05 i 6,60 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
- szerokość otworów sit (\neq): 1,8 do 2,4 mm, zmieniana co 0,1 mm,
- średnica otworów sit (ϕ): od 2,5 do 3,1 mm, zmieniana co 0,1 mm.

Doświadczenia wykonano dla wymienionych parametrów w trzech powtórzeniach, natomiast w trzecim wariancie – dla wszystkich możliwych ich kombinacji.

Po przeprowadzeniu doświadczeń obliczono czystość mieszaniny zgodnie z zależnością (1), uwzględniając, że całkowita masa próbki $M_c = 500$ g. Natomiast straty nasion gatunku podstawowego obliczono ze wzoru (2):

$$S_i = \frac{m_c - m_i}{m_c} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń z odpadu wyznaczono z zależności (3):

$$\eta = \frac{M_{zc} - M_z}{M_{zc}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

gdzie:

$$M_{zc} = M_c \cdot U_z \quad [\text{g}] \quad (4)$$

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, przy wykorzystaniu pakietów programów statystycznych, STATISTICA PL oraz WINSTAT stosując analizę regresji z krokową procedurą eliminacji zmiennych [Luszniewicz 2008; Mikołajczak 2001].

Wyniki badań i ich analiza

Udział nasion ogórecznika w odpadzie procesu czyszczenia wynosił 34,6%. Należy zaznaczyć, że w odpadzie znajdowały się nasiona najbardziej dorodne, tzn. o największej wartości zarówno reprodukcyjnej jak i konsumpcyjnej.

Wyniki badań nad możliwością odzyskiwania nasion ogórecznika lekarskiego z odpadu czyszczenia podano w tabeli 1, oraz przedstawiono graficznie na rysunkach 1÷3. Ze względu na dużą liczbę pomiarów przedstawiono jedynie wybrane wyniki charakterystyczne dla procesu oraz te, przy których uzyskano najlepsze efekty.

Analizując uzyskane wyniki badań można jednoznacznie stwierdzić, iż przy stosowaniu tylko strumienia powietrza nie uzyska się zadawalających efektów czyszczenia nasion ogórecznika lekarskiego. Zauważono, że wzrost prędkości strumienia powietrza w zakresie od 4,40 do 6,60 m·s⁻¹ powoduje zwiększenie czystości o ok. 26,5%. Natomiast straty nasion ogórecznika, przy wymienionych parametrach eksploatacyjnych wzrosły z 3,2 do ponad 56%. Wraz ze zwiększeniem prędkości strumienia powietrza wzrasta również skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń od 62,1 do 91,6%.

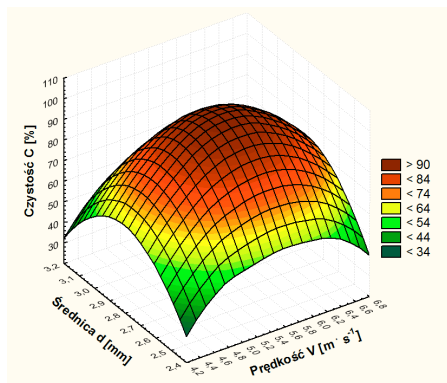
Stosując tylko sita efekt czyszczenia będzie również mało skuteczny. Ogólnie można stwierdzić, że wraz ze zwiększaniem średnicy otworów sit od 2,5 mm do 2,9 rośnie czystość materiału od ok. 60% do ponad 93%. Dalsze zwiększanie średnicy otworów sit powoduje zmniejszenie czystości materiału do ok 73% (przy $\phi=3,1$ mm). Straty nasion ogórecznika rosną wraz ze zwiększaniem średnicy otworów sit od ok 10,6% (przy $\phi=2,5$ mm) do ok. 35% (przy $\phi=3,1$ mm).

Tabela 1. Zestawienie wybranych parametrów i wyników badań nad odzyskiwaniem nasion ogórecznika lekarskiego z odpadu po czyszczeniu w klasyfikatorze pneumatycznym K-293 Petkus i przesiewaczu sitowym K-294

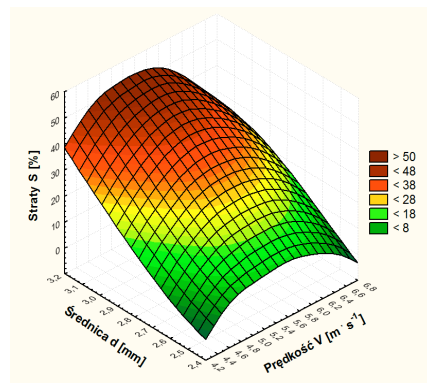
Table 1. A list of selected parameters and experimental results on retrieving borage seeds from waste after cleaning in K-293 Petkus pneumatic classifier and in the sieve sifter K-294

Parametry pracy urządzeń		Efekt czyszczenia		
Prędkość strumienia powietrza [m·s ⁻¹]	Rodzaj i wielkość otworów sita [mm]	Czystość C [%]	Skuteczność η [%]	Straty S [%]
4,40	-	42,56	62,08	3,24
4,95	-	53,28	66,67	12,89
5,50	-	64,78	82,22	27,34
6,05	-	70,21	88,53	39,85
6,60	-	68,98	91,56	56,25
-	ϕ 2,5	60,28	73,55	10,63
-	ϕ 2,6	78,96	89,75	14,89
-	ϕ 2,7	87,35	94,62	17,38
-	ϕ 2,8	94,27	98,26	22,40
-	ϕ 2,9	93,04	97,83	26,38
-	ϕ 3,0	81,36	92,73	29,56
-	ϕ 3,1	73,21	89,31	34,67
-	\neq 1,8	59,23	72,93	12,45
-	\neq 1,9	63,09	78,00	16,34
-	\neq 2,0	79,56	90,65	19,01
-	\neq 2,1	82,45	92,51	21,90
-	\neq 2,2	89,32	96,01	25,89
-	\neq 2,3	86,34	95,03	29,98
-	\neq 2,4	82,5	93,96	36,70
5,50	ϕ 2,5	76,23	88,47	17,64
5,50	ϕ 2,6	82,34	92,39	21,05
5,50	ϕ 2,7	96,65	98,84	26,45
5,50	ϕ 2,8	97,23	99,22	35,89
5,50	ϕ 2,9	98,34	99,56	42,28
5,50	ϕ 3,0	85,04	95,73	45,89
5,50	ϕ 3,1	77,52	93,52	49,24

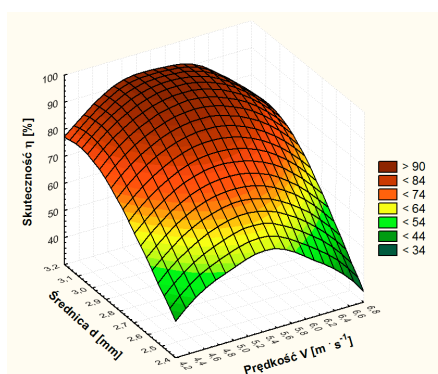
Źródło: obliczenia własne autorów



Rys. 1. Czystość produktu (C) w zależności od średnicy otworów sit (ϕ) i prędkości strumienia powietrza (V)
 Fig. 1. Product purity (C) in relation to sieve meshes diameter (ϕ) and air stream speed (V).



Rys. 2. Straty nasion ogórecznika lekarskiego (S) w zależności od średnicy otworów sit (ϕ) i prędkości strumienia powietrza (V)
 Fig. 2. The loss of borage seeds (S) in relation to sieve meshes diameter (ϕ) and air stream speed (V)



Rys. 3. Skuteczność wydzielania zanieczyszczeń (η) w zależności od średnicy otworów sit (ϕ) i prędkości strumienia powietrza (V)
 Fig. 3. Effectiveness of exhaust emission (η) in relation to sieve meshes diameter (ϕ) and air stream speed (V)

Podobną tendencję zanotowano w przypadku oceny efektów czyszczenia przy wykorzystaniu tylko sit o otworach prostokątnych. Najwyższą czystością wynoszącą ponad 89%, przy stratach wynoszących prawie 26% uzyskano przy szerokości otworów sita 2,2 mm. Dalsze zwiększanie szerokości otworów sita powoduje zwiększenie strat nasion ogórecznika lekarskiego, przy równoczesnym zmniejszaniu czystości materiału.

Rozpatrując łącznie trzy kryteria, które przyjęto jako wskaźnik oceny jakości czyszczenia (czystość produktu, skuteczność wydzielania zanieczyszczeń oraz straty nasion ogórecznika lekarskiego) można stwierdzić, że najlepsze rezultaty osiągnięto czyszcząc odpad w kanale aspiracyjnym, w którym prędkość strumienia powietrza wynosiła $5,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie przesiewając go przez sito o otworach okrągłych, których średnica wynosiła 2,8 mm. Dla wymienionych parametrów roboczych czystość produktu wynosiła 97,23%, przy skuteczności wydzielania zanieczyszczeń ponad 99% i stratach nasion gatunku podstawowego wynoszących ok. 36%.

Opracowanie statystyczne wyników badań wykazało, że funkcją najlepiej odzwierciedlającą zmianę wartości zmiennych zależnych (C , η oraz S) w zależności od przyjętych parametrów roboczych (wielkości i rodzaju otworów sit oraz prędkości strumienia powietrza) jest wielomian stopnia drugiego. Czystość produktu (C), skuteczność wydzielania zanieczyszczeń (η) oraz straty (S) nasion ogórecznika lekarskiego w zależności od prędkości strumienia powietrza w kanale aspiracyjnym (V) oraz średnicy otworów sit (ϕ) zmieniają się zgodnie z zależnościami:

$$C = 179,72V + 1191,77\phi - 16,32V^2 - 213,67\phi^2 + 1,36V \cdot \phi - 2079,51 \quad (5)$$

$$\eta = 128,79V + 812,15\phi - 11,17V^2 - 141,96\phi^2 - 0,92V \cdot \phi - 1416,20 \quad (6)$$

$$S = 133,79V + 124,42\phi - 11,07V^2 - 8,82\phi^2 - 4,28V \cdot \phi - 579,71 \quad (7)$$

Wartość współczynników korelacji wielokrotnej, dla wszystkich opracowanych modeli stochastycznych, była wysoka (ponad 0,96), przy niskim procencie zmienności losowej (poniżej 10%).

Wnioski i stwierdzenia

1. Odzyskiwanie nasion ogórecznika lekarskiego wydzielanego z odpadu, przy stosowaniu tylko kanału aspiracyjnego lub sit jest nieskuteczne, ponieważ nie uzyskuje się minimalnej czystości wymaganej dla materiału siewnego, wynoszącej 97%.
2. Istnieje możliwość odzyskania znacznej części nasion ogórecznika lekarskiego wydzielonego do odpadu (ponad 60%), poprzez czyszczenie mieszaniny w kanale aspiracyjnym, przy prędkości strumienia powietrza wynoszącego $5,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie przesianiu jej przez sito o otworach okrągłych o średnicy 2,8 mm.
3. Wskaźniki oceny jakości procesu rozdzielania można opisać wielomianem wielu zmiennych stopnia drugiego. Sformułowane aposteriori probabilistyczne modele matematyczne opisujące zmianę wartości zmiennych zależnych, tj. czystość produktu (C), skuteczność wydzielania zanieczyszczeń (η) oraz straty (S) nasion ogórecznika lekarskiego, w funkcji parametrów zmiennych niezależnych umożliwiają precyzyjną predykcję wskaźników charakteryzujących jakość procesu rozdzielania mieszaniny.

Bibliografia

- Mikołajczak J.** 2001. Statystyka matematyczna z pakietem „WINSTAT” na CD. Wyd. UWM - Olsztyn. ISBN 83-7299-113-8.
- Luszniewicz A., Słaby T.** 2008. Statystyka z pakietem komputerowym Statistica Pl. Teoria i zastosowania. Wyd. C.H. BECK Warszawa.
- Kreff R., Choszcz D.** 2000. Statystyka (zagadnienia wybrane). Wyd. Wszechnica Mazurska. Olecko. ISBN 83-86523-93-X.
- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. AR. Lublin. ISBN 83-901612-9-X.
- Lewandowska A.** Ogórecznik lekarski – oleiste przyszłości [online]. Kujawsko Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego. [dostęp 23.04.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.kpodr.pl/roslina/zioła/ogórecznik.php/>
- Zioła z apteki natury. Praca zbiorowa. Wyd. PUBLICAT S.A. Poznań 2007. ISBN 978-83-245-1222-5.

EFFICIENCY OF BORRAGE SEEDS CLEANING (*BORAGO OFFICINALIS L.*)

Abstract. Experimental results of possibility of retrieving borage seeds released as waste during cleaning were presented. It was predicated that the retrieve of borage seeds from waste with application of an aspiration channel or sieves is not effective enough. Whereas, applying cleaning in an aspiration channel with the air speed of $5.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and then on a sieve with 2.8 mm meshes diameter, over 60% of borage seeds may be retrieved from the seeds released as waste with the product purity that meets the requirements of sowable material over 97%. Moreover, a mathematical formula describing the course of separation process was presented.

Key words: borage seeds, waste, cleaning efficiency

Adres do korespondencji:

Krzysztof Jadwisieńczyk; e-mail: krzychj@moskit.uwm.edu.pl
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. M. Oczapowskiego 11
10-957 Olsztyn