

ZWIĘKSZENIE EFEKTYWNOŚCI CZYSZCZENIA NASION KOPRU OGRODOWEGO (*ANETHUM GRAVEOLENS* L.)

Dariusz Choszcz, Krzysztof Jadwisieńczyk, Stanisław Konopka, Kazimierz Wierzbicki

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

Streszczenie: Przedstawiono wyniki badań nad możliwością odzyskiwania nasion kopru ogrodowego wydzielanych do odpadu podczas czyszczenia. Stwierdzono, że wydzielenie nasion kopru z odpadu przy stosowaniu tylko kanału aspiracyjnego lub sit jest mało skuteczne. Natomiast stosując czyszczenie w kanale aspiracyjnym, przy prędkości powietrza $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie na sicie o szerokości otworów prostokątnych 1,2 mm, można odzyskać prawie 60% nasion kopru wydzielonych do odpadu, przy czystości produktu wymaganej dla materiału siewnego wynoszącej 97%. Podano również formuły matematyczne opisujące przebieg procesu rozdzielania.

Słowa kluczowe: nasiona kopru, czyszczenie

Wykaz oznaczeń

C_i	– czystość mieszaniny po i-tym elemencie rozdzielczym, %
M_i	– masa nasion kopru w próbce pobranej po i-tym elemencie rozdzielczym, g
M_C	– całkowita masa próbki laboratoryjnej, g
m_i	– masa nasion kopru w produkcie czyszczenia po i-tym elemencie rozdzielczym, g
m_c	– masa nasion kopru w próbie przed czyszczeniem, g
S_i	– straty nasion kopru po i-tym elemencie rozdzielczym, %
η	– skuteczność wydzielenia nasion kopru z odpadu, %
M_{zc}	– masa zanieczyszczeń w próbie przed czyszczeniem, g
M_z	– masa zanieczyszczeń w próbie po czyszczeniu, g
U_z	– udział zanieczyszczeń w odpadzie przeznaczonym do czyszczenia, %

Wprowadzenie

Koper ogrodowy jest jednoroczną rośliną należącą do rodziny selerowatych (Apiaceae). W Polsce należy on do jednych z najczęściej uprawianych roślin przyprawowych. Stosowany jest zarówno w przemyśle spożywczym, jak i farmaceutycznym. Owocem kopru jest

rozłupka, rozpadająca się na dwie płaskie, szarobrazowe niełupki [Polowa uprawa.... 2000; Orłowski i in. 1993].

Nasiona tego gatunku dojrzewają na przełomie lipca i sierpnia. Istotnym problemem związanym ze zbiorem nasion kopru jest ich nierównomierne dojrzewanie oraz duża podatność na osypywanie, dlatego często zbiór poprzedzany jest zabiegiem desykcji [Orłowski, Słodkowski 2003; Mechanizacja zbioru... 1993].

Podczas wszystkich operacji jednostkowych związanych z produkcją nasion kopru powstają straty. Największe straty nasion występują podczas zbioru i czyszczenia. W operacji czyszczenia udział nasion wydzielanych do odpadu szacowany jest na 15÷25% ogólnego plonu.

Cel pracy

Celem pracy było określenie możliwości odzyskiwania nasion kopru ogrodowego wydzielanych do odpadu podczas operacji czyszczenia.

Metodyka badań

Badania obejmowały dwa etapy. W pierwszym etapie wykonano w Przedsiębiorstwie Nasiennictwa Ogrodniczego i Szkółkarstwa S.A. „TORSEED” w Toruniu analizę efektywności czyszczenia nasion kopru w czyszczalni złożonej K-541 Petkus. Doświadczenia związane z określeniem skuteczności czyszczenia i strat nasion gatunku podstawowego prowadzono w warunkach eksploatacyjnych, przy parametrach regulacyjnych uznanych w tym zakładzie za optymalne, tj.:

- wydatek powietrza przepływającego przez pierwszy kanał aspiracyjny 1,0 [m³·s⁻¹],
- średnica otworów sita górnego [1,4 mm],
- średnica otworów sita dolnego [1,2 mm],
- wydatek powietrza przepływającego przez drugi kanał aspiracyjny 0,5 [m³·s⁻¹],
- średnica wgłębień cylindra tryjera 3,5 [mm].

Do analizy pobierano po 10 prób pierwotnych mieszaniny o masie ok. 0,5 kg w odstępach co 0,5 godziny przed operacją czyszczenia oraz po każdym elemencie rozdzielczym. Próby pierwotne z danego miejsca wymieszano tworząc próbę ogólną. W Laboratorium Procesów Separacji UWM w Olsztynie każdą próbę ogólną rozsypanyo na tacy, dzielono na 20 części i wybierano losowo jedną z nich [Zieliński, Zieliński 1987]. Z każdej wybranej losowo próbki odważono na wadze analitycznej WA-33 po 10 próbek laboratoryjnych o masie 5 g każda z dokładnością do 0,01 g [PN-79/R-65950]. Odważone próbki poddano manualnej analizie makroskopowej dzieląc je na nasiona gatunku podstawowego oraz zanieczyszczenia.

Czystość mieszaniny określono z zależności (1):

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

W celu określenia strat nasion gatunku podstawowego przygotowano 10 prób mieszaniny o masie 10 kg każda, które kierowano do czyszczenia. Po przeprowadzeniu eksperymentu, skład i masy uzyskanych frakcji określono analogicznie jak w przypadku wyznaczania czystości mieszaniny. Straty nasion kopru obliczano ze wzoru (2):

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

Natomiast drugi etap związany 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 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 stosowania 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 – że cały materiał wydzielany był do produktu.

Pomiary przeprowadzono przy następujących parametrach:

- prędkość strumienia powietrza w kanale klasyfikatora pneumatycznego V : 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 i 2,5 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
- szerokość i średnica otworów sit: $\neq 0,9$; $\neq 1,0$; $\neq 1,1$; $\neq 1,2$; $\neq 1,3$ mm oraz $\phi 1,2$; $\phi 1,4$; $\phi 1,6$; $\phi 1,8$ i $\phi 2,0$ [mm].

Doświadczenia wykonano przy wymienionych parametrach w trzech powtórzeniach, natomiast w trzecim wariacie - dla wszystkich możliwych ich kombinacji.

Po przeprowadzeniu doświadczeń obliczono czystość oraz straty nasion kopru zgodnie ze wzorami (1) i (2), uwzględniając, że całkowita masa próbki $M_c=500$ g. Natomiast skuteczność wydzielania zanieczyszczeń wyznaczono z zależności (3):

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

gdzie:

$$M_{zc} = \frac{M_c \cdot U_z}{100}, [\text{g}] \quad (4)$$

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, przy wykorzystaniu pakietu programów statystycznych, stosując analizę regresji z krokową procedurą eliminacji zmiennych [STATISTICA 1997].

Wyniki badań i ich analiza

Na podstawie przeprowadzonej makroskopowej analizy składu mieszaniny stwierdzono, że w partii materiału dostarczonej do czyszczenia w PNOiS S.A. „TORSEED” średni udział nasion kopru wynosił 89,0%. Przeciętna czystość końcowa produktu czyszczenia tej mieszaniny w czyszczalni K-541 osiągnęła 97,9% i była ona o prawie 1% wyższa od minimum wymaganego dla materiału siewnego [Rozporządzenie Ministra... 2001]. Łączne starty nasion kopru w całej operacji czyszczenia wyniosły ponad 20%, natomiast przeciętny udział nasion kopru w odpadzie wynosił 71,2%.

Po czyszczeniu mieszaniny w pierwszym kanale aspiracyjnym czystość wzrosła do 91,2%, przy średnich stratach kopru wynoszących 3,5%. Największe straty nasion gatunku podstawowego zanotowano po przejściu mieszaniny przez kosz sitowy. Wynosiły one 10,6%, przy wzroście czystości do 96,1%. Zastosowanie kolejnego kanału aspiracyjnego przyniosło poprawę czystości mieszaniny o 1,3% i dalszy wzrost strat o ponad 5%. Wykorzystanie w końcowym etapie czyszczenia nasion kopru tryjera powoduje wzrost czystości mieszaniny zaledwie o 0,4%, przy stratach wynoszących 1,2%.

Rezultaty badań nad możliwością odzyskiwania nasion kopru z odpadu czyszczenia podano w tabeli 1. 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 kopru ogrodowego. Zanotowano, że wzrost prędkości strumienia powietrza w zakresie od 0,5 do 2,5 m·s⁻¹ powoduje zwiększenie czystości o ok. 8%. Natomiast straty nasion kopru, przy wymienionych parametrach eksploatacyjnych wzrastały od 0,2 do 37,4%. Wraz ze zwiększeniem prędkości strumienia powietrza od 0,5 do 2,0 m·s⁻¹ wzrasta również skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń od 0,3 do 34,2%. Przy prędkości strumienia powietrza 2,5 m·s⁻¹ odnotowano spadek skuteczności wydzielenia zanieczyszczeń do 28,8%.

Stosując również tylko sita (o otworach okrągłych lub prostokątnych) efekt czyszczenia będzie mało skuteczny. Wzrost średnicy otworów sit od 1,2 do 1,8 mm powoduje zwiększenie czystości materiału od 78,4 do 91,9%, przy jednoczesnym wzroście skuteczności wydzielenia zanieczyszczeń od 24,9 do 71,7%. Wykorzystując sita o średnicy otworów 2,0 mm czystość i skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń nieco zmalały i wyniosły odpowiednio: 90,1 i 65,6%. Natomiast straty nasion gatunku podstawowego w badanym zakresie zmienności średnicy otworów wzrastały od 15,6 do 32,8%. Nieco lepsze efekty czyszczenia uzyskano przy wykorzystaniu sit o otworach prostokątnych. Najwyższą czystość wynoszącą 93,5% (jednak i tak o ok. 3,5% mniejszą od minimalnej wymaganej dla materiału siewnego), przy stratach ponad 31% i skuteczności wydzielenia zanieczyszczeń ok. 77,5%, uzyskano przy szerokości otworów sita 1,2 mm.

Rozpatrując łącznie trzy kryteria, które przyjęto jako wskaźnik oceny jakości czyszczenia (czystość produktu, skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń oraz straty nasion kopru) można stwierdzić, że najlepsze rezultaty osiągnięto czyszcząc odpad w kanale aspiracyjnym, w którym prędkość strumienia powietrza wynosiła 2,0 m·s⁻¹, a następnie przesiewając go przez sito o otworach prostokątnych i szerokości 1,2 mm. Przy wymienionych paramet-

Zwiększenie efektywności czyszczenia...

trach roboczych czystość produktu wynosiła 98,4%, przy skuteczności wydzielania zanieczyszczeń ponad 94% i stratach nasion gatunku podstawowego wynoszących ok. 41%.

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

Table 1. Specification of selected parameters and test results for recovery of dill seeds from refuse after cleaning in pneumatic classifier K-293 Petkus and 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 [%]
0,5	-	71,25	0,28	0,24
1,0	-	74,72	12,31	4,16
1,5	-	78,19	24,35	15,63
2,0	-	81,03	34,20	24,57
2,5	-	79,46	28,75	37,41
-	φ 1,2	78,35	24,90	15,63
-	φ 1,4	84,62	46,65	24,8
-	φ 1,6	89,24	62,68	27,33
-	φ 1,8	91,85	71,73	30,91
-	φ 2,0	90,07	65,56	32,84
-	≠ 0,9	80,21	31,36	19,88
-	≠ 1,0	84,96	47,83	23,62
-	≠ 1,1	87,11	55,29	27,17
-	≠ 1,2	93,47	77,35	31,04
-	≠ 1,3	91,82	71,63	28,75
2,0	≠ 0,9	85,48	49,64	25,18
2,0	≠ 1,0	89,77	64,52	29,7
2,0	≠ 1,1	94,82	82,03	35,56
2,0	≠ 1,2	98,35	94,28	40,64
2,0	≠ 1,3	97,69	91,99	43,72

Analiza statystyczna wykazała, że modelem najlepiej opisującym zależność między zmiennymi zależnymi i niezależnymi jest wielomian drugiego stopnia. Potwierdzają to wskaźniki oceny stopnia dopasowania równań, tj. procentu wyjaśnionej zmienności, którego wartość przekracza 96% i współczynnika korelacji wielokrotnej (powyżej 0,98), przy współczynniku zmienności losowej nie przekraczającym 6%.

Wnioski i stwierdzenia

1. Stosowanie tryjera w technologii czyszczenia nasion kopru ogrodowego przy wykorzystaniu czyszczalni złożonej K-541 Petkus jest niecelowe, ponieważ czystość produktu wzrasta nieznacznie powodując dodatkowe straty.
2. Odzyskiwanie nasion kopru wydzielanego z odpadu, przy stosowaniu tylko kanału aspiracyjnego lub sit jest nieskuteczne, gdyż nie uzyskuje się minimalnej, wymaganej dla materiału siewnego, czystości wynoszącej 97%.
3. Istnieje możliwość odzyskania znacznej części nasion kopru wydzielonych do odpadu (ok. 60%), poprzez czyszczenie mieszaniny w kanale aspiracyjnym przy prędkości przepływu strumienia powietrza $V=2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie przesianiu jej przez sito o otworach prostokątnych, których szerokość wynosi 2 mm.
4. Czystość produktu (C), skuteczności wydzielania zanieczyszczeń (η) oraz straty (S) nasion kopru w zależności od prędkości strumienia powietrza w kanale aspiracyjnym (V) oraz szerokości prostokątnych otworów sit (b) zmieniają się zgodnie z zależnościami:

$$C = 11,71 V + 197,21 b - 3,27 V^2 - 74,83 b^2 - 42,01$$

$$\eta = 40,64 V + 684,16 b - 11,35 V^2 - 259,62 b^2 - 392,65$$

$$S = -7,56 V + 116,30 b - 43,74 b^2 + 12,07 Vb - 50,63$$

Bibliografia

- Orłowski M., Słodkowski P., Abramowicz M. 1993. Nasiennictwo roślin warzywnych. Wyd. AR Szczecin. s. 43.
- Orłowski M., Słodkowski P. 2003. Uprawa warzyw na nasiona. Wyd. AR Szczecin. ISBN 8373-17-040-5.
- Zieliński R., Zieliński W. 1987. Podręczne tablice statystyczne. WNT, Warszawa. ISBN 83-204-0836-9.
- Mechanizacja zbioru i suszenia nasion roślin niezbożowych. 1993. Opracowanie zbiorowe pod red. J. Orzechowskiego i K. Tomaszewskiego. Wyd. AR Lublin. s 122-124.
- Polowa uprawa warzyw. 2000. Opracowanie zbiorowe pod red. M. Orłowskiego. Wyd. BRASICA, Szczecin. ISBN 83-902821-5-1.
- Polska Norma PN-79/R-65950. 1993. Materiał siewny. Metody badania nasion. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości. Wydawnictwa Normalizacyjne „ALFA”.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dn. 14 sierpnia 2001 r. w sprawie rejestracji odmian i udzielania ochrony wyłącznego prawa do odmiany oraz wytwarzania i kontroli materiału siewnego. Dz. U. z 2001 r. nr 108, poz. 1184 i 1185.
- STATISTICA PL dla Windows – dokumentacja pakietu. T. I-V. 1997. StatSoft Polska Sp. z o. o., Kraków. ISBN 83-904735-5-0.

AN INCREASING EFFECTIVENESS OF CLEANING DILL SEEDS (*ANETHUM GRAVEOLENS* L.)

Summary: The work presents results of the tests of possible recovery of dill seeds released to refuse during cleaning process. It was shown that separation of dill seeds from refuse when using only aspiration duct or sieves is ineffective. Whereas, when cleaning in the aspiration duct at air velocity of 2.0 m/s, and then on a sieve with rectangular mesh width of 1.2 mm, as much as 60% of dill seeds released to refuse can be recovered, with 97% of the product cleanness required for the seeding material. The mathematical formulas describing the separation process were also given.

Key words: dill seeds, cleaning

Adres do korespondencji:

Dariusz Choszcz; e-mail: choszczd@uwm.edu.pl
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. M. Oczapowskiego 11
10-957 Olsztyn