

SKUTECZNOŚĆ ROZDZIELANIA MIESZANINY ZIARNIAKÓW ZBÓŻ I ORZESZKÓW GRYKI W TRYJERZE Z WGLĘBIENIAMI KIESZONKOWYMI

Zdzisław Kaliniewicz

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

Streszczenie. Określono wpływ głębokości wgłębień kieszonkowych, wskaźnika statycznego obciążenia cylindra mieszaniną i kąta ustawienia roboczej krawędzi rynienki na uzysk orzeszków gryki, skuteczność wydzielania ziarniaków zbóż (pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa) oraz skuteczność rozdzielania mieszaniny. Stwierdzono, że zastosowanie tryjera z wgłębieniami kieszonkowymi pozwala na poprawę czystości produktu czyszczenia, ale nie w takim stopniu, aby można go było uznać za produkt bezglutenowy.

Słowa kluczowe: gryka, liczba ziarniaków zbóż, rozdzielanie

Wprowadzenie

Produkty z gryki są bardzo ważnym składnikiem jadłospisu człowieka. Mają one nieocenioną wartość przede wszystkim w przypadku żywienia ludzi chorych na celiakię. Choroba ta wymaga stosowania w diecie produktów bezglutenowych. Z tego też względu materiał gryki, który ma być dalej przetwarzany na różnego rodzaju produkty, nie powinien być zanieczyszczony nasionami zawierającymi gluten. Do tej grupy składników są zaliczane ziarniaków zbóż. Wśród nich w poomłotowym materiale gryki dominującą frakcję stanowią ziarniak owsa, następne w kolejności są ziarniak żyta, jęczmienia i pszenicy [Semczy-szyn, Fornal 1990]. Wytyczne dotyczące produktów bezglutenowych podają, że nie mogą one zawierać więcej niż 1 mg glutenu w 100 g produktu [GLUTENEX]. Wynika z tego, że już 1 ziarniak zboża przypadający na ok. 390 g orzeszków gryki zdyskwalifikuje ten produkt [Konopka 2006]. W tradycyjnych liniach technologicznych wymaganą czystość produktu uzyskuje się kosztem wysokich strat orzeszków gryki. Dlatego też są projektowane nowe maszyny i zespoły robocze, uwzględniające specyfikę rozdzielanych składników, w których dąży się do minimalizacji strat nasion gatunku podstawowego. Jednym z takich rozwiązań jest cylinder z wgłębieniami kieszonkowymi, mocowany w tradycyjnym tryjerze [Rawa, Kaliniewicz 2004]. Potwierdzono już jego przydatność do wydzielania z materiału gryki łuszczyzn rzodkwi świrzepy [Kaliniewicz, Rawa 2004]. Kwestią otwartą pozostało wykorzystanie podanego rozwiązania do oddzielania od orzeszków gryki ziarniaków zbóż.

Celem pracy było określenie wpływu głębokości wgłębień kieszonkowych, wskaźnika statycznego obciążenia cylindra mieszaniną i kąta ustawienia roboczej krawędzi rynienki na wskaźniki jakości procesu rozdzielczego mieszaniny orzeszków gryki i ziarniaków zbóż.

Metodyka

Materiał badawczy stanowiły orzeszki gryki odmiany Luba o udziale masowym 80%, a pozostałą część (20%) – ziarna 4 podstawowych zbóż: pszenica odmiany Nawra, żyto odmiany Bojko, jęczmień odmiany Blask i owies odmiany Deresz, każde z nich w ilości 5%. Masa 1000 nasion ww. składników wynosiła odpowiednio: gryka – 27,88, pszenica – 37,80, żyto – 31,82, jęczmień – 45,93 oraz owies – 32,37 g. W związku z powyższym w 1 kg mieszaniny ziarnistej znajdowało się około 28694 orzeszków gryki (83,8%), 1323 ziarniaki pszenicy (3,9%), 1571 ziarniaków żyta (4,6%), 1089 ziarniaków jęczmienia (3,2%) i 1545 ziarniaków owsa (4,5%). Wilgotność względna składników mieszaniny ziarnistej wynosiła odpowiednio: gryka – 12,3%, pszenica – 12,6%, żyto – 11,8%, jęczmień – 12,1% i owies – 11,5%. Przyjęty wysoki stopień zanieczyszczenia materiału gryki wynikał przede wszystkim z konieczności zminimalizowania błędów pomiarów.

W doświadczeniu wykorzystano stanowisko przedstawione w pracy [Kaliniewicz, Rawa 2004]. Jego głównym elementem jest tryjer laboratoryjny K-292 firmy „Petrus”, wyposażony w dwa cylindry o długości 480 mm i średnicy wewnętrznej 240 mm, każdy z wgłębieniami kieszonkowymi o innej głębokości wgłębień. Eksperyment realizowano w trzech replikacjach, przyjmując następujące czynniki:

- 1) stałe:
 - kąt pochylenia osi cylindra do poziomu – 2° ,
 - odległość roboczej krawędzi rynienki od powierzchni cylindra – 6 mm,
 - wskaźnik kinematyczny cylindra – 0,25,
- 2) zmienne:
 - głębokość robocza wgłębień $s = 2,4$ mm i 2,8 mm,
 - wskaźnik statycznego obciążenia cylindra mieszaniną $q_s = 0,1; 0,2$ i 0,3,
 - kąt ustawienia roboczej krawędzi rynienki $\alpha = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$ i 50° ,
- 3) wynikowe:
 - uzysk ε_1 orzeszków gryki,
 - skuteczność ε_{2p} wydzielania ziaren pszenicy,
 - skuteczność ε_{2z} wydzielania ziaren żyta,
 - skuteczność ε_{2j} wydzielania ziaren jęczmienia,
 - skuteczność ε_{2o} wydzielania ziaren owsa,
 - skuteczność ε_2 wydzielania zanieczyszczeń,
 - skuteczność ε rozdzielania mieszaniny.

Do badań przyjęto tylko dwa różniące się głębokościami wgłębień cylindry tryjera ze względu na udokumentowaną ich przydatność do czyszczenia gryki [Kaliniewicz 2000]. Zastosowanie wgłębień o mniejszej głębokości powodowałoby duże straty orzeszków gryki, a większych – zbyt małe wydzielanie zanieczyszczeń.

Każdorazowo przed realizacją eksperymentu właściwego przeprowadzono operację zapełniania cylindra mieszaniną przez około 60 s. Po zatrzymaniu dozownika i tryjera wyjmowano i opróżniano rynienkę oraz zbiornik odpadu. Po powtórny zamocowaniu rynienki i zbiornika odpadu prowadzono pomiar właściwy, uruchamiając jednocześnie dozownik i tryjer na czas ok. 1 min. Uzyskane w rynience i zbiorniku odpadu próbki materiału rozdzielano na 5 frakcji: orzeszki gryki oraz ziarniaki pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa. Liczbę nasion w poszczególnych frakcjach ustalano za pomocą licznika nasion.

Uzysk ε_1 orzeszków gryki obliczano ze stosunku liczby orzeszków wydzielonych w rynience do łącznej liczby orzeszków znajdujących się w rynience i zbiorniku odpadu, a poszczególne skuteczności ε_{2i} wydzielania ziarniaków zbóż – ze stosunku liczby ziaren danego gatunku wydzielonych w zbiorniku odpadu do łącznej liczby ziaren znajdujących się w rynience i zbiorniku odpadu. Skuteczność ε_2 wydzielania zanieczyszczeń wyznaczono ze stosunku liczby ziarniaków zbóż wydzielonych w zbiorniku odpadu do łącznej liczby ziaren w rynience i zbiorniku odpadu. Skuteczność ε rozdzielania mieszaniny obliczono ze wzoru [Grochowicz 1994]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - (1 - \varepsilon_2) \quad (1)$$

Wyniki badań opracowano przy użyciu pakietu programów statystycznych „Winstat” i „Statistica”. Do wyznaczenia funkcji opisujących zmienne zależne wykorzystano metodę analizy regresji wielu zmiennych stopnia drugiego z procedurą krokowej eliminacji nieistotnych zmiennych i stopnia wielomianu.

Wyniki badań

Wartości współczynników korelacji prostoliniowej między zmiennymi zależnymi i niezależnymi podano w tabeli 1. W analizowanym zakresie zmienności czynników wartości tych współczynników zmieniają się w zakresie od 0,154 (głębokość wgłębień i uzysk orzeszków gryki) do 0,804 (kąt ustawienia roboczej krawędzi rynienki i uzysk orzeszków gryki). Z przedstawionej tabeli wynika również, że rozpatrywane wskaźniki jakości procesu rozdzielczego najbardziej są powiązane z kątem ustawienia roboczej krawędzi rynienki tryjera (wyjątek stanowi tu jedynie skuteczność rozdzielania mieszaniny, która jest najbardziej uzależniona od głębokości wgłębień). Na przyjętym poziomie istotności na uzysk orzeszków gryki wpływa istotnie tylko kąt ustawienia roboczej krawędzi rynienki, a na skuteczność rozdzielania mieszaniny – głębokość wgłębień. Ponadto nie stwierdzono istotnej korelacji między skutecznością wydzielania ziarniaków pszenicy a wskaźnikiem statycznego obciążenia cylindra mieszaniną. W pozostałych przypadkach wartość współczynników korelacji jest większa od wartości krytycznej.

Tabela 1. Współczynniki korelacji prostoliniowej między zmiennymi
Table 1. Coefficients of rectilinear correlation between variables

	ε_1	ε_{2p}	ε_{2z}	ε_{2j}	ε_{2o}	ε_2	ε
s	0,154	-0,526	-0,576	-0,493	-0,478	-0,544	-0,422
q_s	-0,162	0,344	0,386	0,460	0,502	0,422	0,269
α	-0,804	0,719	0,674	0,517	0,599	0,666	-0,323

Wartość krytyczna współczynnika korelacji – 0,361
Przyjęty poziom istotności – 0,05

Źródło: obliczenia własne autora

Równania opisujące wskaźniki jakości procesu rozdzielczego podano w tabeli 2; wszystkie są statystycznie istotne na przyjętym 5% poziomie istotności. Procent wyjaśnionej zmienności jest największy dla skuteczności wydzielania ziarniaków zbóż (98,4) w cylindrze o głębokości wgłębień $s=2,4$ mm, a najniższy dla skuteczności rozdzielania mieszaniny (27,1) przy zastosowaniu w procesie rozdzielczym wgłębień o głębokości $s=2,8$ mm.

Przebieg zależności określających jakość procesu rozdzielczego przyjętej mieszaniny dla głębokości wgłębień 2,4 i 2,8 mm przedstawiono na rysunku 1. Najwyższą skuteczność ($\varepsilon=0,78$) rozdzielania mieszaniny uzyskano przy kącie ustawienia roboczej krawędzi rylnienki $\alpha=25^\circ$. Straty nasion gryki w tej sytuacji nie przekraczają 1% ($\varepsilon_1=0,99$), a skuteczność wydzielania zanieczyszczeń osiąga wartość $\varepsilon_2=0,73$. Najlepiej są wydzielane ziarniaki jęczmienia, a najgorzej – ziarniaki żyta.

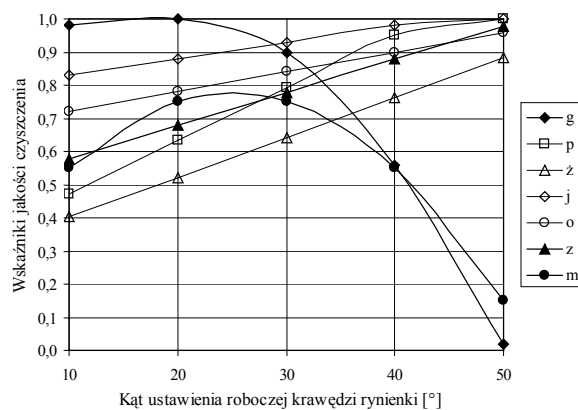
Tabela 2. Równania regresji dla wskaźników jakości procesu rozdzielczego
Table 2. Regression equations for separation process quality indexes

s [mm]	Równanie regresji	Procent wyjaśnionej zmienności	Odchylenie standardowe reszt
2,4	$\varepsilon_1 = 0,04\alpha - 0,001\alpha^2 - 0,02q_s \cdot \alpha + 0,72$	96,91	0,07
	$\varepsilon_{2p} = 5,76q_s + 0,03\alpha - 6,24q_s^2 - 0,07q_s \cdot \alpha - 0,59$	97,40	0,05
	$\varepsilon_{2z} = 4,70q_s + 0,02\alpha - 5,44q_s^2 - 0,04q_s \cdot \alpha - 0,44$	98,20	0,04
	$\varepsilon_{2j} = 0,005\alpha + 0,78$	44,20	0,08
	$\varepsilon_{2o} = 0,03q_s \cdot \alpha + 0,66$	51,86	0,11
	$\varepsilon_2 = 4,80q_s + 0,02\alpha - 5,77q_s^2 - 0,05q_s \cdot \alpha - 0,25$	98,36	0,03
	$\varepsilon = 0,05\alpha - 0,001\alpha^2 + 0,15$	76,95	0,13
2,8	$\varepsilon_1 = 0,04\alpha - 0,001\alpha^2 - 0,02q_s \cdot \alpha + 0,67$	93,06	0,08
	$\varepsilon_{2p} = -0,02\alpha + 0,0004\alpha^2 + 0,05q_s \cdot \alpha + 0,11$	95,21	0,08
	$\varepsilon_{2z} = -0,02\alpha + 0,0004\alpha^2 + 0,04q_s \cdot \alpha + 0,16$	96,80	0,05
	$\varepsilon_{2j} = 0,05q_s \cdot \alpha + 0,38$	61,73	0,17
	$\varepsilon_{2o} = 0,06q_s \cdot \alpha + 0,26$	70,50	0,15
	$\varepsilon_2 = 1,70q_s + 0,0003\alpha^2 - 0,15$	96,90	0,05
	$\varepsilon = 1,10q_s + 0,08$	27,08	0,15

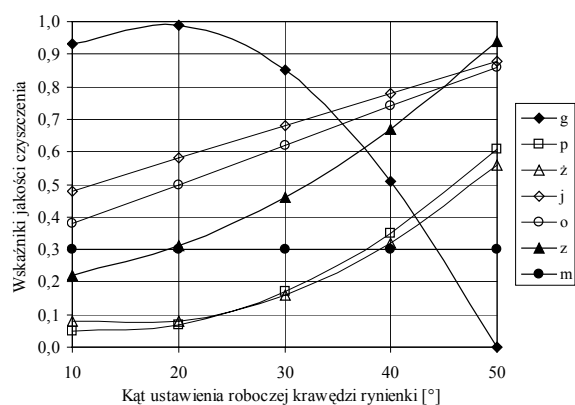
Przyjęty poziom istotności – 0,05

Źródło: obliczenia własne autora

a)



b)



Źródło: wykonanie własne autora

Rys. 1. Przebieg wartości wskaźników jakości procesu rozdzielczego w zależności od kąta α ustawienia roboczej krawędzi rynienki dla wskaźnika statycznego obciążenia cylindra mieszaniną $q_s=0,2$: a) przy głębokości wgłębień $s=2,4$ mm, b) przy głębokości wgłębień $s=2,8$ mm; g – uzysk ϵ_1 orzeszków gryki, p – skuteczność ϵ_{2p} wydzielania ziarniaków pszenicy, ż – skuteczność ϵ_{2z} wydzielania ziarniaków żyta, j – skuteczność ϵ_{2j} wydzielania ziarniaków jęczmienia, o – skuteczność ϵ_{2o} wydzielania ziarniaków owsa, z – skuteczność ϵ_2 wydzielania ziarniaków zbóż, m – skuteczność ϵ rozdzielania mieszaniny

Fig. 1. Trajectory of the values of separation process quality indexes depending on chute working edge setting angle α for the index of cylinder static loading with the mixture $q_s=0.2$: a) for pit depth $s=2.4$ mm, b) for pit depth $s=2.8$ mm; g – yield ϵ_1 of buckwheat nuts, p – release efficiency ϵ_{2p} for wheat seeds, ż – release efficiency ϵ_{2z} for rye seeds, j – release efficiency ϵ_{2j} for barley seeds, o – release efficiency ϵ_{2o} for oat seeds, z – release efficiency ϵ_2 for corn seeds, m – mixture separation efficiency ϵ

Przy określeniu przydatności tryjera cylindrycznego z wgłębieniami kieszonkowymi do czyszczenia gryki, przeznaczonej na produkty bezglutenowe przyjęto, że maksymalne straty orzeszków gryki nie będą przekraczać 5%. W tej sytuacji największe skuteczności wydzielania poszczególnych gatunków zbóż wynoszą: pszenica – 0,76, żyto – 0,62, jęczmień – 0,92 i owies – 0,83. Przyjmując zawartość białka w ziarniakach zbóż z pracy [Jurga 1997] i zakładając w bardzo dużym uproszczeniu, że jest ono jednocześnie zawartością frakcji glutenowej, to w mieszaniu ziarnistej przed czyszczeniem może znajdować się do 0,02% ziarniaków pszenicy lub żyta, albo też do 0,08% ziarniaków jęczmienia lub owsa. Uwzględniając jednak nawet najniższy poziom zanieczyszczenia mieszaniny (pszenica – 0,19%, żyto – 0,16%, jęczmień – 0,21% i owies – 0,15%) [Semczyszyn, Fornal 1990] norma dopuszczalnej ilości glutenu w materiale oczyszczonym za pomocą tryjera z wgłębieniami kieszonkowymi będzie przekroczona aż 197 razy.

Wnioski

1. Z przeprowadzonej analizy korelacji wynika, że wraz ze wzrostem głębokości wgłębień i zmniejszaniem wskaźnika statycznego obciążenia cylindra mieszaniną roślinie uzysk orzeszków gryki, a maleją wartości innych wskaźników jakości procesu rozdzielczego. Ponadto wzrost kąta ustawienia roboczej krawędzi rynienki powoduje zmniejszanie uzysku orzeszków gryki i skuteczności rozdzielania mieszaniny (choć ten ostatni związek jest statystycznie nieistotny) oraz zwiększanie skuteczności wydzielania ziarniaków zbóż.
2. Najbardziej przydatnym do oddzielania od orzeszków gryki ziarniaków zbóż jest tryjer z wgłębieniami kieszonkowymi o głębokości 2,4 mm, w którym krawędź robocza rynienki jest ustawiona pod kątem 25°, a jest on zasilany mieszaniną tak, że wskaźnik statycznego obciążenia cylindra tą mieszaniną przyjmuje wartość 0,2. Przy tych parametrach tryjera skuteczność rozdzielania mieszaniny wynosi 0,78, a straty orzeszków gryki nie przekraczają 1%.
3. Przeprowadzone badania eksperymentalne wskazują, że przez zastosowanie w procesie rozdzielczym tryjera cylindrycznego z wgłębieniami kieszonkowymi można uzyskać poprawę czystości materiału gryki, ale nie jest możliwe uzyskanie surowca przydatnego do produkcji żywności bezglutenowej.

Bibliografia

- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. Akademii Rolniczej. Lublin. ISBN 83-901612-9-X.
- Jurga R.** 1997. Przetwórstwo zbóż. Część 1. WSiP. Warszawa, s. 20-31.
- Kaliniewicz Z.** 2000. Modelowanie tryjerów z wgłębieniami kieszonkowymi w aspekcie poprawy skuteczności czyszczenia nasion gryki. Rozprawa doktorska. Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii Politechniki Warszawskiej w Płocku. Maszynopis.
- Kaliniewicz Z., Rawa T.** 2004. Wyniki eksperymentalnej weryfikacji apriorycznego modelu matematycznego rozdzielczości tryjera do gryki. Inżynieria Rolnicza. Nr 3(58). Kraków, s. 211-218.

- Konopka S.** 2006. Analiza procesu separacji nasion gryki przy wykorzystaniu prętowych powierzchni roboczych tryjerów. Inżynieria Rolnicza. Nr 8(83). Rozprawy habilitacyjne. Nr 21. ISSN 1429-7264.
- Rawa T., Kaliniewicz Z.** 2004. Cylinder tryjera do czyszczenia nasion gryki. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski. Olsztyn. Polska. Opis patentowy PL 187945 B1. Zgłosz. P. 334598 z 23.07.1999. Opubl. 30.11.2004.
- Semczyszyn M., Fornal L.** 1990. Analiza skuteczności pracy urządzeń czyszczących stosowanych w liniach technologicznych czyszczenia ziarna gryki. II. Wyniki badań jakości pracy urządzeń czyszczących. Acta Acad. Agricult. Techn. Ols., Aedif. Mech. Nr 21. s. 111-121.
- Porady żywieniowe i ogólne zasady stosowania diety bezglutenowej [online]. Strona internetowa firmy Glutenex. [dostęp 09-03-2009]. Dostępny w Internecie: <http://www.glutenex.com.pl>

SEPARATION EFFICIENCY FOR THE MIXTURE OF CORN SEEDS AND BUCKWHEAT NUTS IN A TRIEUR WITH POCKET PITS

Abstract. The research allowed to determine the impact of pocket pits depth, the index of cylinder static loading with the mixture, and chute working edge setting angle on buckwheat nuts yield, release efficiency for corn seeds (wheat, rye, barley and oat), and mixture separation efficiency. It has been observed that using a trieur with pocket pits allows to improve cleaned product purity, however not to the extent sufficient to qualify it as a gluten-free product.

Key words: buckwheat, quantity of corn seeds, separation

Adres do korespondencji:

Zdzisław Kaliniewicz; e-mail: arne@uwm.edu.pl
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Oczapowskiego 11
10-719 Olsztyn