

Małgorzata Warechowska<sup>1)</sup>, Józef Warechowski<sup>2)</sup>, Danuta Domska<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Katedra Ergonomii i Technologii Surowców Naturalnych;

<sup>2)</sup> Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

## Wpływ odmiany pszenżyta na wybrane właściwości fizyczne rozdrobnionego ziarna

### Streszczenie:

Zbadano wpływ odmiany pszenżyta na wybrane cechy fizyczne śruty uzyskanej z tego ziarna. Badano kąt nasypu, skład granulometryczny, gęstości nasypowe i zdolność płynięcia uzyskanych śrut. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że gęstość nasypowa luźna śruty zależy od odmiany ziarna z którego ją uzyskano. Średni wymiar cząstek śruty pszenżyta ani wartość kąta nasypu nie pozwalają na jednoznaczną identyfikację odmiany z której ją uzyskano. Charakterystyka zdolności płynięcia badanych śrut na podstawie współczynnika Hausnera i stałej czasowej ( $T$ ) prowadzi do rozbieżnych wniosków. Sytuacja ta może być spowodowana odmienną naturą (ze względu na zdolność płynięcia) badanych materiałów w stanie konsolidacji oraz luźnym. Wymaga to jednak weryfikacji doświadczalnej.

**Słowa kluczowe:** pszenżyto, odmiana, właściwości fizyczne, skład granulometryczny, kąt nasypu, gęstość nasypowa, zdolność płynięcia

### Oznaczenia

$d$	średni wymiar ziarna ośrodka, mm
$s$	odchylenie standardowe,
$T$	stała czasowa wysypu z bębna „NIRO”, s
$WH$	współczynnik Hausnera, -
$\alpha$	kąt nasypu, deg
$\rho$	gęstość nasypowa, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

### Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój hodowli pszenżyta wpłynął na powstanie wielu nowych odmian i wprowadzenie ich do uprawy, a co za tym idzie wprowadzenie ich do produkcji żywności i pasz. Stwarza to konieczność prowadzenia badań nad przydatnością przetwórczą ziarna tego gatunku zboża. Wiąże się to z wyznaczeniem właściwości fizycznych i chemicznych zarówno ziarna, jak i produktów powstałych w wyniku jego przemiału.

Znajomość właściwości fizycznych surowców jest niezbędna do ustalenia parametrów procesu technologicznego, warunków składowania surowców i ich transportu [Jenike 1970; Horabik 2001]. Do najważniejszych właściwości materiałów sypkich zalicza się: wilgotność, skład granulometryczny, gęstości (w stanie zsypanym i utrząsionym), kąt nasypu. Właściwości te wykazują powiązania ze zdolnością płynięcia, czyli sypkością materiałów rozdrobnionych [Peleg, Hollenbach 1984]. Cecha ta ma istotne znaczenie w kontekście procesów pakowania, przesypywania i mieszania materiałów

ziarnistych. Wielkością charakteryzującą materiały ziarniste ze względu na zdolność płynięcia jest też współczynnik Hausnera ( $WH$ ). Charakteryzuje on zagęszczenie zachodzące samoistnie podczas transportu (np. na skutek wstrząsów) w warunkach, gdy materiał ziarnisty nie jest poddawany celowemu zagęszczaniu. Według niektórych badaczy [Svarovsky 1987; Buczek, Geldart 1989] jest on miarą właściwości kohezyjnych materiałów rozdrobnionych.

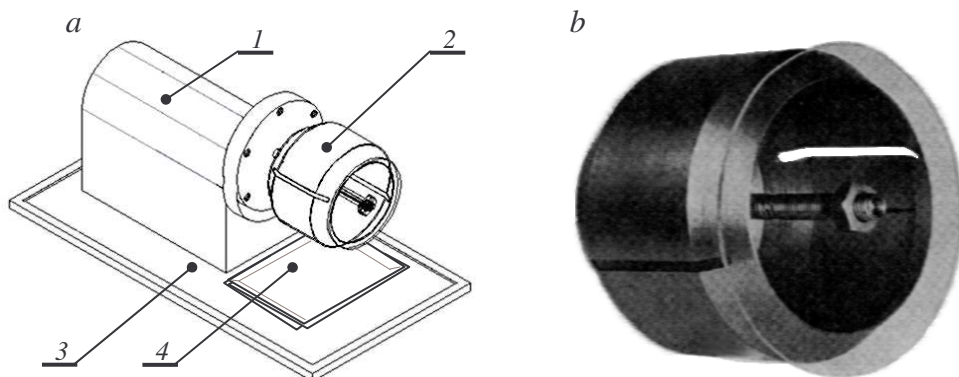
## **Cel i zakres pracy**

Celem pracy było zbadanie wpływu odmiany pszenżyta na wybrane cechy fizyczne rozdrobnionego ziarna pszenżyta.

## **Metodyka**

Materiał do badań stanowiło ziarno ośmiu odmian pszenżyta: siedem odmian ozimych (*Krakowiak*, *Hewo*, *Pawo*, *Janko*, *Tornado*, *Sekundo* i *Kazo*) oraz jedna odmiana jara (*Kargo*). Pszenżyto pochodziło z Hodowli Roślin w Strzelcach i Szelejewie ze zbiorów w 2002 roku. Zakres badań obejmował pomiary wilgotności ziarna i wybranych właściwości fizycznych rozdrobnionego ziarna poddanego rozdrabnianiu na laboratoryjnym młynku typu WZ-1 w powtarzalnych warunkach (wilgotność ziarna 11%, czas rozdrabniania 9s).

Zbadano skład granulometryczny produktu przemiału metodą analizy sitowej. Podczas pomiarów stosowano sита o oczkach wielkości: 71, 90, 125, 180, 250, 355, 710, 1000 i 1600  $\mu\text{m}$  oraz wstrząsarkę laboratoryjną Analysette 22 firmy FRITSCHE. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono średni wymiar cząstek ( $d_3$ ). Oznaczono kąt nasypu ( $\alpha$ ) oraz gęstości nasypowe luźną ( $\rho_l$ ) i utrzęsioną ( $\rho_u$  - po 100 krotnym wstrząśnięciu cylindrem pomiarowym z badanym materiałem) [Svarovsky 1987, Westergaard 2004]. Wybór podanej wyżej liczby wstrząsów cylindra miarowego podyktowany był metodyką pomiaru zdolności płynięcia. Zdolność płynięcia wyznaczano metodą dynamiczną z wykorzystaniem bębna NIRO (o objętości 750  $\text{cm}^3$  - rys. 1), w którym umieszczano badany materiał ziarnisty o masie stanowiącej 1/30 jego objętości (na podstawie  $\rho_u$ ). Dynamikę wysypu obliczono na podstawie pomiaru mas materiału ziarnistego opuszczającego bęben pomiarowy w 10-cio sekundowych przedziałach czasu, obracający się z prędkością 30  $\text{s}^{-1}$ . Wyrażano ją jako stałą czasową pierwszego rzędu ( $T$ ) równania opisującego dynamikę wysypu materiału ziarnistego z bębna pomiarowego [Zander i in. 1997]. Warechowski [2000] podaje wartości krytyczne tego parametru, pozwalające przyporządkować badany materiał ziarnisty do określonej klasy (tab. 1).



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe do pomiaru zdolności płynięcia materiałów ziarnistych, 1 – silnik z przekładnią, 2 - bęben pomiarowy, 3 – podstawa, 4 – tace papierowe; a - stanowisko pomiarowe, b - bęben NIRO (L=88mm,  $\phi$ 110) [Westergaard 2004]

Fig. 1. Measuring stand for the measurement of the flowability of grain materials, 1 – motoreductor, 2 – measuring drum, 3 – frame, 4 – carton tray; a – measuring position, b - drum NIRO (L=88mm,  $\phi$ 110) [Westergaard 2004]

Tabela 1. Klasyfikacja materiałów ziarnistych na podstawie stałej czasowej wysypu z bębna „NIRO” [Warechowski 2000]

Table 1. Classification of grain materials on the basis of the time-constant for pouring out from the drum „NIRO” [Warechowski 2000]

Stała czasowa wysypu, s	Klasyfikacja materiału ziarnistego
$T < 7$	<i>Swobodnie płynący</i>
$7 < T < 21$	<i>Łatwo płynący</i>
$21 < T$	<i>Trudno płynący*</i>

\* *nie płynący*, jeżeli podczas pomiaru materiał próbki zakleja szczeliny w poboczniczy bębna

Obliczano też wartości współczynnika Hausnera ( $WH$ ) jako iloraz wartości gęstości nasypowej utręzionej przez luźną [Svarovsky 1987]. Wskazuje on skłonność materiału ziarnistego do samozagęszczania pod wpływem oddziaływań występujących w czasie transportu i przetwarzania, jak również powiązany jest ze zdolnością płynięcia [Svarovsky 1987]. Wszystkie pomiary wykonano w co najmniej trzech powtórzeniach, a analizy statystyczne prowadzono na poziomie istotności 0,05.

## Wyniki badań i ich analiza

Większość produktów rozdrabniania charakteryzowała się podobnym średnim wymiarem cząstek - ok. 0,5 mm. Wyjątek stanowi odmiana *Kazo*, której średni wymiar cząstek wynosił 0,754 mm (tab. 2).

Wartość gęstości nasypowej luźnej badanych materiałów mieściła się w przedziale 490 – 730 kg·m<sup>-3</sup>, przy czym maksymalną wielkość tego parametru uzyskała odmiana *Sekundo*, natomiast minimalną odmiana *Krakowiak* (tab. 2). Przeprowadzone badania gęstości nasypowej luźnej wykazały, że rozdrobnione ziarno pszenżyta odmian *Krakowiak*, *Kargo*, *Janko* i *Hewo* wyróżniały się  $\rho_l < 600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , co kwalifikuje je jako materiały lekkie [Horabik 2001]. Z kolei odmiany *Tornado*, *Pawo*, *Kazo* i *Sekundo* odznaczały się  $\rho_l > 600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Należą one więc do grupy materiałów średnio gęstych. Analiza statystyczna gęstości nasypowych (testem Tukeya) wykazała, że różniły się one istotnie w zależności od odmiany.

Tabela 2. Wybrane cechy fizyczne rozdrobnionych ziaren pszenżyta.  
Table 2. Selected physical properties of ground grains of hybrid wheat

Cecha		Kąt nasypu		Średni wymiar cząstki		Gęstość nasypowa		Współczynnik Hausnera		Zdolność płynięcia	
		$\alpha$	$s$	$d_3$	$s$	$\rho_l$	$s$	$WH$	$s$	$T$	$s$
		[ deg ]		[ mm ]		[ kg·m <sup>-3</sup> ]		[ - ]		[ s ]	
Odmiana	<i>Krakowiak</i>	53,7	0,11	0,529	0,057	492,8	0,02	1,348	0,131	35,8	0,07
	<i>Tornado</i>	51,3	0,06	0,555	0,041	675,2	0,07	1,259	0,054	33,8	0,04
	<i>Kargo</i>	51,0	0,13	0,503	0,080	568,5	0,14	1,234	0,070	22,0	0,19
	<i>Janko</i>	51,1	0,14	0,528	0,149	547,9	0,04	1,235	0,025	27,0	0,12
	<i>Hewo</i>	51,8	0,10	0,498	0,144	533,0	0,15	1,273	0,082	25,6	0,06
	<i>Pawo</i>	51,6	0,08	0,496	0,051	605,4	0,14	1,224	0,105	25,7	0,14
	<i>Kazo</i>	52,5	0,11	0,754	0,119	682,7	0,10	1,251	0,114	31,5	0,10
	<i>Sekundo</i>	51,3	0,16	0,510	0,057	727,8	0,07	1,071	0,048	31,5	0,09

Śruty uzyskane z ziarna pszenżyta odmian *Kargo*, *Janko*, *Pawo* i *Sekundo* charakteryzował  $WH < 1,25$ , co zgodnie z klasyfikacją Hausnera [Svarovsky 1987] pozwala zaliczyć je do grupy materiałów sypkich swobodnie płynących. Z kolei produkty pochodzące z ziarna pszenżyta odmian *Krakowiak*, *Tornado*, *Hewo* i *Kazo* charakteryzował  $WH > 1,25$  (tab. 2) co pozwala sklasyfikować je jako semikohezyjne. Istotne różnice  $WH$  stwierdzono tylko w odniesieniu do odmian *Sekundo* i *Tornado*.

Cechą charakteryzującą zdolność płynięcia materiałów sypkich nie poddanych kompresji jest stała czasowa ( $T$ ) funkcji charakteryzującej

dynamikę wysypu materiału ziarnistego z wolno obracającego się bębna [Zander i in. 1997]. Wszystkie badane proszki charakteryzowały się wysokimi wartościami stałych czasowych wysypu. Zawierały się one w przedziale od 22,0 s (odmiana *Kargo*) do 35,8 s (odmiana *Krakowiak*). Wartości te pozwoliły zakwalifikować badane produkty do grupy proszków trudno płynących. Na wartość  $T$  istotnie wpływała odmiana ziarna. Jedynie w przypadku odmian *Hewo* i *Pawo*, oraz *Kazo* i *Sekundo* nie stwierdzono istotnych różnic wartości tego parametru.

Duże wartości kąta nasypu wszystkich badanych materiałów, znacznie przekraczające  $40^\circ$  (tab. 2), świadczą o silnych oddziaływaniach kohezyjnych cząstek badanych produktów rozdrabniania [Wouters, Geldart 1996; Svarovsky 1987].

## **Wnioski**

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że odmiana ziarna pszenżyta ma istotny wpływ na niektóre właściwości fizyczne rozdrobnionego ziarna.

Gęstość nasypowa luźna śruty zależy od odmiany ziarna pszenżyta z którego ją otrzymano.

Zarówno średni wymiar cząstek śruty, jak i wartość kąta nasypu nie pozwala na jednoznaczną identyfikację odmiany pszenżyta z którego ją uzyskano.

Charakterystyka zdolności płynięcia badanych śrut na podstawie współczynnika Hausnera i stałej czasowej ( $T$ ) prowadzi do rozbieżnych wniosków. Sytuacja ta może być spowodowana odmiennym zachowaniem badanych materiałów, ze względu na zdolność płynięcia, w stanie konsolidacji oraz luźnym, co należy zweryfikować doświadczalnie.

## **Bibliografia**

Buczek B, Geldart D. 1989: Wpływ drobnych cząstek na właściwości warstwy fluidalnej, *Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 2: str. 313-329,

Horabik J. 2001: Charakterystyka właściwości fizycznych roślinnych materiałów sypkich istotnych w procesach składowania, *Acta Agrophysica*, 54, Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie,

Jenike A.W. 1970: Storage and flow of solids, *Bulletin of the University of Utah* 53 (1964) 26; *Bulletin Nr 123 of the Utah Engineering Station*, wyd. 6,

Peleg M., Hollenbach A. M. 1984: Flow conditioners and anticaking agents, *Food Technology*, 38: str. 93-102,

Svarovsky L. 1987: Powder Testing Guide. Methods of Measuring the Physical Properties of Bulk Powders, Elsevier Appl. Sc. Publ. Ltd., England,

Warechowski J. 2000: Wpływ warunków aglomeracji na fizyczne i użytkowe właściwości proszków spożywczych, Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej UWM Olsztyn (Praca Doktorska),

Westergaard V. 2004: Technologia mleka w proszku. Odparowanie i suszenie rozpyłowe, Niro A/S – 5 wyd., Kopenhaga, Dania,

Wouters I., Geldart D. 1996: Characterising semi-cohesive powders using angle of repose, Particle and Particle Systems Characterisation, 13 (4), str. 254-259,

Zander Z., Zander L., Warechowski J. 1997: Zmodyfikowana metoda pomiaru zdolności płynięcia proszków spożywczych, V Ogólnop. Konf. Przepł. Wielofazowych, PG, Gdańsk, tom 2, str. 174-177,

### **Influence of hybrid wheat modification on selected physical properties of ground grain**

#### **Summary:**

An influence of a hybrid-wheat modification on selected physical properties of ground grain obtained from this grain was investigated. An angle of embankment, granulometric content, bulk densities, and flowability of ground grain obtained were tested. It was found from the investigations that the bulk density of ground grain depends on the grain modification, which was used for testing. The average size of ground-grain particles obtained from hybrid wheat and the value of an embankment angle are not able to identify unambiguously the modification from which it was obtained. The flowability characteristics of the ground grains being tested obtained on the basis of Hausner coefficient and the time-constant (T) lead to divergent conclusions. This situation may follow from the different nature (respecting the flowability) of the test material at consolidate or bulk state. However, it should be verified experimentally.

**Keywords:** hybrid wheat, modification, physical properties, granulometric content, embankment angle, bulk density, flowability