

WPŁYW WILGOTNOŚCI NA PROCES ROZDRABNIANIA ZIARNA PSZENICY ZRÓŻNICOWANEGO POD WZGLĘDEM TWARDOŚCI

Dariusz Dziki, Janusz Laskowski, Beata Biernacka, Monika Siastała
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Celem pracy było określenie, w jakim stopniu zmiana wilgotności ziarniaków pszenicy o różnej twardości wpływa na energochłonność udarowego rozdrabniania. Materiał badawczy stanowiło ziarno dwóch odmian pszenicy Slade i Nawra o indeksie twardości *HI* równym 17,2 i 74,0. Ziarno doprowadzono do sześciu poziomów wilgotności (od 10 do 20%, co 2%). Wraz ze wzrostem wilgotności ziarna zwiększały się natomiast liniowo wartości określonych wskaźników energochłonności. Wyższe wartości tych wskaźników uzyskiwano zawsze dla ziarna pszenicy twardej. Różnice w nakładach energii na rozdrabnianie między ziarnem twardym i miękkim były tym większe, im wyższa była wilgotność ziarna.

Słowa kluczowe: rozdrabnianie, pszenica, twardość, energochłonność

Wstęp

Rozdrabnianie jest podstawowym procesem w przetwórstwie zbóż, decydującym nie tylko o składzie granulometrycznym cząstek śruty bądź mlewa, ale również o właściwościach uzyskanych produktów [Letang i in. 2001]. Na wynik procesu rozdrabniania poza stosowanymi urządzeniami mają wpływ właściwości fizyczne ziarna, a w szczególności cechy mechaniczne, które są determinowane głównie czynnikiem odmianowym. Zależą one również bardzo istotnie od wilgotności surowca. Wzrost wilgotności prowadzi z reguły do zwiększania nakładów energii na rozdrabnianie, w szczególności wówczas, kiedy dekohezja następuje przy wykorzystaniu rozdrabniaczy bijakowych i tarczowych [Laskowski i Łysiak 1997; Marks i in. 2006]. Nieco inaczej jest podczas zgniatania ziarna, gdzie do wilgotności ok. 16-18% energia jednostkowa zgniatania zwiększa się, zaś po przekroczeniu tego poziomu obserwuje się spadek nakładów energii na zgniatanie [Dexter i Martin 2002; Romański i in. 2006]. Dzieje się tak na skutek pęcznienia składników ziarna i naruszenia spójności matrycy białkowej [Dexter i Martin 2002]. Kolejnym bardzo istotnym parametrem, który w szczególności jest brany pod uwagę podczas rozdrabniania ziarna pszenicy jest twardość. Parametr ten istotnie oddziałuje zarówno na energochłonność rozdrabniania, jak i na skład granulometryczny śruty bądź mlewa [Dziki i Przypek-Ochab 2009]. Natomiast niewiele jest opracowań analizujących wpływ wilgotności ziarna o miękkim i twardym bielmie na proces udarowego rozdrabniania. Dlatego też w niniejszej pracy zajęto się tą tematyką.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było określenie, w jakim stopniu zmiana wilgotności ziarniaków pszenicy o różnej twardości wpływa na proces udarowego rozdrabniania przeprowadzony przy użyciu rozdrabniacza bijakowego. W szczególności analizowano skład granulometryczny śruty i wskaźniki energochłonności charakteryzujące ten proces.

Materiał i metody badań

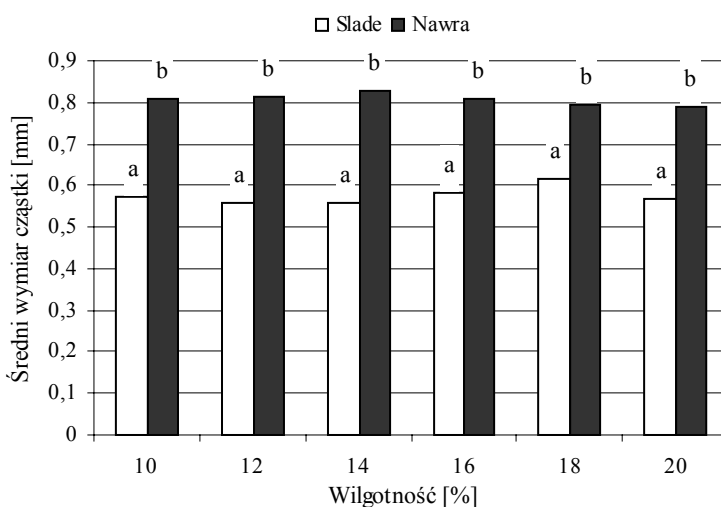
Materiał badawczy stanowiły dwie odmiany ziarna pszenicy zwyczajnej: Slade (odmiana o miękkim ziarnie i indeksie twardości $HI = 17,2$) oraz Nawra (odmiana o ziarniakach twardych, $HI = 74,0$). Próbki nawilżano bądź dosuszano do założonych poziomów wilgotności (od 10 do 20%, co 2%). Nawilżanie odbywało się poprzez dodatek do próbek ziarna wody wodociągowej o temperaturze otoczenia. Po dowlżeniu ziarno dokładnie mieszano w specjalnych pojemnikach przez 30 min, stosując mieszadło laboratoryjne wykonane w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Dosuszenie ziarna przeprowadzono w temperaturze 30°C, przy wykorzystaniu suszarki laboratoryjnej. Ziarno rozdrabniano, wykorzystując rozdrabniacz bijakowy typu POLYMIX-Micro-Hammermill MFC. Urządzenie współpracowało z komputerowym układem rejestracji mocy prądu. Dokładną charakterystykę stanowiska pomiarowego przedstawiono w opracowaniu Laskowskiego i Łysiaka [1997]. Rozdrabniacz wyposażono w wymienne sito o wielkości oczek wynoszącej 3,0 mm. Badania przeprowadzono w 10 powtórzeniach. Uzyskaną śrutę poddano analizie składu granulometrycznego przy wykorzystaniu odsiewacza Thyr 2 wyposażonego w odpowiedni zestaw sit. Następnie obliczono średni wymiar cząstek. Wyznaczono energochłonność jednostkową rozdrabniania (iloraz energii rozdrabniania do masy rozdrobnionego ziarna) oraz wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie (iloraz energii rozdrabniania do pola powierzchni cząstek po rozdrobnieniu). Obliczono również wskaźnik rozdrabniania (stała proporcjonalności), bazując na teorii rozdrabniania przedstawionej przez Sokołowskiego. Sposób wyznaczenia powyższych wskaźników przedstawiony został przez Dzikiego [2008].

Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań objęła przeprowadzenie analizy wariancji i regresji liniowej. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tukey'a. Przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki badań i ich analiza

Na rys. 1. przedstawiono średni wymiar cząstek śruty uzyskanej z rozdrobnienia ziarna pszenicy o różnej wilgotności. Istotnie wyższe wartości tego parametru ($\alpha=0,05$) uzyskano w każdym przypadku dla ziarna odmiany o twardym bielmie (Nawra) w porównaniu z wartościami otrzymanymi dla pszenicy miękkiej (Slade). Wyniósł on średnio w przypadku odmiany Slade 0,58 mm zaś w odniesieniu do odmiany Nawra 0,81 mm. Niższe wartości średniego wymiaru cząstki śruty w przypadku odmiany Slade wynikają z faktu, że bielmo pszenicy miękkiej charakteryzuje się mniejszą adhezją między ziarnami skrobi

a matrycą białkową w porównaniu do ziarniaków twardych [Branland i in. 1997]. Powoduje to, że podczas dekohezji z bielma pszenicy miękkiej uzyskuje się więcej cząstek drobnych, niż w przypadku pszenicy twardej, a tym samym wpływa to na średni wymiar cząstek. Natomiast wilgotność ziarna nie miała statystycznie istotnego wpływu na ten parametr, co spowodowane było wyposażeniem rozdrabniacza w sito, którego otwory wymuszały określony stopień rozdrobnienia materiału. Inna sytuacja jest w przypadku stosowania sit o większej średnicy otworów lub rozdrabniaczy walcowych, gdzie wzrost wilgotności ziarna powoduje zwiększenie średniego wymiaru cząstek śruty [Fang i Campbell 2003].



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 1. Średni wymiar cząstki śruty uzyskanej z ziarna odmian pszenicy o miękkim (Slade) i twardym bielmie (Nawra), a-b – grupy jednorodne ($\alpha=0,05$)

Fig. 1. The average size of ground grain particle obtained from wheat variety grain with soft (Slade) and hard endosperm (Nawra), a-b – homogeneous groups ($\alpha=0.05$)

Energia jednostkowa rozdrabniania pszenicy (E_r) zwiększała się liniowo wraz ze wzrostem wilgotności ziarna (w) od 28,7 do 51,2 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ i od 36,8 do 78,5 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ odpowiednio w przypadku odmiany Slade i Nawra (rys. 2), co opisano równaniami regresji:

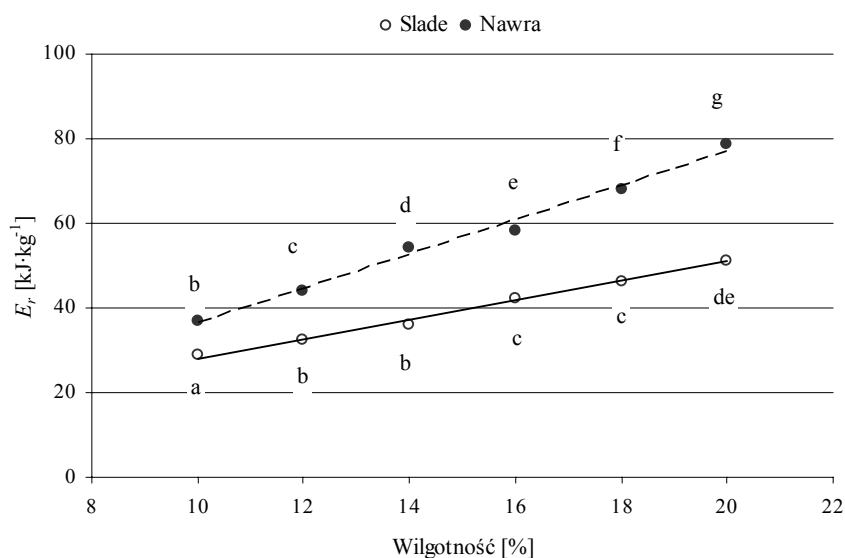
$$E_{rs} = 2,29w - 4,24; \quad R^2 = 0,989 \quad (1)$$

$$E_{rn} = 4,06w + 5,18; \quad R^2 = 0,989 \quad (2)$$

Przy każdym z rozpatrywanych poziomów wilgotności większe wartości tego parametru uzyskiwano zawsze w przypadku ziarna odmiany o twardym bielmie (Nawra). Zaobserwowano również, że wraz ze wzrostem wilgotności różnica między energią jednostkową rozdrabniania odmiany o twardym i miękkim bielmie zwiększała się, co potwierdza znacz-

nie wyższa wartość współczynnika kierunkowego prostej w równaniu (2) w porównaniu do równania (1).

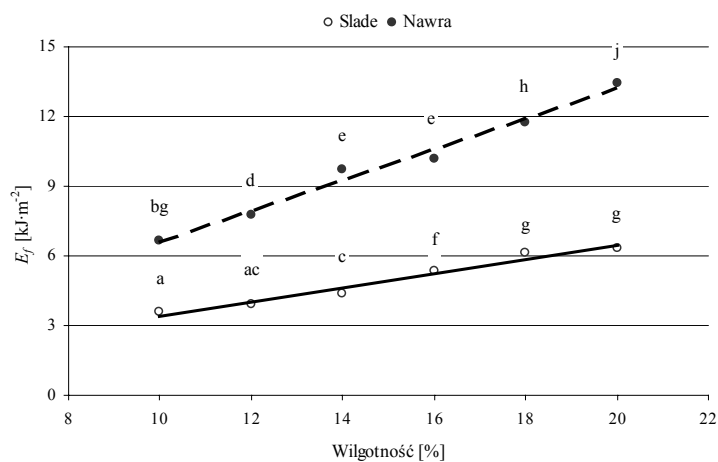
Energia jednostkowa rozdrabniania jest najczęściej wyznaczanym parametrem przy charakterystyce procesu dekohezji. Wielu autorów wykazuje, że twardość pszenicy istotnie wpływa na nakłady energii na rozdrabnianie, a różnice w nakładach energii na dekohezję ziarna o twardym i miękkim bielmie dochodzą do 100% [Pujol i in. 2001]. W przypadku rozdrabniaczy bijakowych na tę cechę poza wilgotnością istotnie oddziałuje również wielkość otworów siła, która determinuje stopień rozdrobnienia materiału, przy czym zależność między energią jednostkową rozdrabniania a wielkością cząstek po rozdrobnieniu nie jest liniowa i najczęściej opisuje się ją równaniem potęgowym. Na energochłonność dekohezji wpływa również prędkość bijaków. Łysiak i in. [2001] stwierdzili, że zwiększenie prędkości bijaków powoduje wzrost nakładów energii na rozdrabnianie, przy jednoczesnym zmniejszeniu średniego wymiar cząstki.



Źródło: obliczenia własne autorów

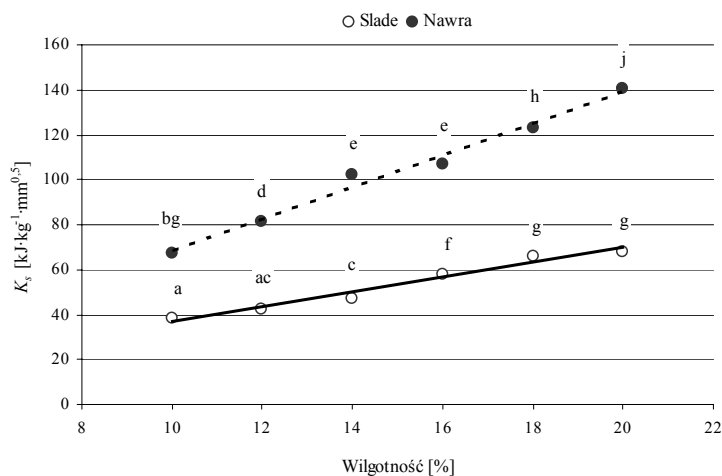
- Rys. 2. Zależność między wilgotnością ziarna a energią jednostkową rozdrabniania pszenicy o miękkim (Slade) i twardym bielmie (Nawra), a-g – grupy jednorodne ($\alpha=0,05$)
- Fig. 2. Dependence between grain humidity and unit energy for shredding of wheat with soft (Slade) and hard endosperm (Nawra), a-g – homogeneous groups ($\alpha=0.05$)

Zmiany wskaźnika podatności ziarna na rozdrabnianie (E_p) oraz wskaźnika rozdrabniania Sokołowskiego (K_s) miały podobny przebieg jak w przypadku energochłonności jednostkowej rozdrabniania, przy czym różnice między wartościami tych wskaźników uzyskanymi dla odmiany o twardym i miękkim bielmie były większe (rys. 3 i 4) niż w przypadku energochłonności jednostkowej.



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 3. Zależność między wilgotnością ziarna a wskaźnikiem podatności na rozdrabnianie pszenicy o miękkim (Slade) i twardym bielmie (Nawra), a-g – grupy jednorodne ($\alpha=0,05$)
 Fig. 3. Dependence between grain humidity and shredding susceptibility index for wheat with soft (Slade) and hard endosperm (Nawra), a-g – homogeneous groups ($\alpha=0.05$)



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 4. Zależność między wilgotnością ziarna a wskaźnikiem rozdrabniania Sokołowskiego otrzymana dla pszenicy o miękkim (Slade) i twardym bielmie (Nawra), a-g – grupy jednorodne ($\alpha=0,05$)
 Fig. 4. Dependence between grain humidity and Sokolowski shredding index, obtained for wheat with soft (Slade) and hard endosperm (Nawra), a-g – homogeneous groups ($\alpha=0.05$)

Wartości wskaźnika E_f zwiększały się wraz ze wzrostem wilgotności ziarna od 3,6 do 6,3 kJ·m⁻² i od 6,6 do 13,4 kJ·m⁻², odpowiednio w przypadku odmiany Slade i Nawra, co opisano liniowymi równaniami regresji:

$$E_{fs} = 0,305w + 0,363; \quad R^2 = 0,967 \quad (3)$$

$$E_{fn} = 0,661w - 0,007; \quad R^2 = 0,985 \quad (4)$$

Wzrost wilgotności ziarna powodował również zwiększenie wskaźnika rozdrabniania Sokołowskiego – średnio od 38,5 do 68,2 kJ·kg⁻¹·mm^{0,5} w przypadku odmiany Slade i od 67,5 do 140,6 kJ·kg⁻¹·mm^{0,5} w odniesieniu do odmiany Nawra. Zależności te również miały charakter liniowy:

$$K_{ss} = 3,27w + 4,25; \quad R^2 = 0,972 \quad (5)$$

$$K_{sn} = 7,06w - 2,33; \quad R^2 = 0,989 \quad (6)$$

Zarówno wskaźnik E_f jak i K_s odnoszą nakłady energii pośrednio do stopnia rozdrobnienia ziarna, czyli dodatkowo uwzględniają efektywność procesu dekohezji. Podobnie, jak w przypadku energochłonności jednostkowej rozdrabniania zaobserwowano, że różnice między wskaźnikiem E_f uzyskiwanym dla ziarna odmiany Nawra i Slade, oraz między wskaźnikiem K_s dla tych odmian zwiększały się wraz ze wzrostem wilgotności ziarna. Potwierdzają to wartości współczynników kierunkowych prostej w równaniach (3) i (4) oraz (5) i (6).

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że w przypadku zastosowania do dekohezji rozdrabniacza bijakowego wilgotność ziarna (przedział od 10 do 20%) nie miała istotnego wpływu na średni wymiar cząstek śruty uzyskany dla ziarna o twardej i miękkiej strukturze bielma. Wraz ze wzrostem wilgotności pszenicy zwiększały się natomiast liniowo wartości określonych wskaźników energochłonności rozdrabniania tj. energochłonności jednostkowej rozdrabniania, wskaźnika podatności ziarna na rozdrabnianie i wskaźnika rozdrabniania Sokołowskiego, przy czym wyższe wartości tych wskaźników uzyskiwano zawsze dla ziarna twardego, a różnice w nakładach energii na rozdrabnianie między ziarnem twardym i miękkim zwiększały się wraz ze wzrostem wilgotności ziarna.

Bibliografia

- Branland G., Felix I., Leblanc A., Koenig J., Bodet C., Mariot D., Mahaut B.** 1997. Wheat hardness of French varieties and its meaning. Industries des Céréales Vol. 101. s. 5-10.
- Dexter J.E., Martin D.G.** 2002. The effects of wheat moisture content and reduction roll temperature and differential on the milling properties of Canadian Hard Red Spring Wheat. Association of Operative Millers – Bulletin. July s. 7807-7814.
- Dziki D.** 2008. Analiza wpływu wstępnego zgniatania ziarna zbóż na rozdrabnianie udarowe. Rozprawy naukowe AR w Lublinie. Z. 326. ISSN 0860-4355.

- Dziki D., Przypek-Ochab D.** 2009. Ocena energochłonności rozdrabniania ziarna pszenicy zróżnicowanego pod względem twardości. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5(114). s. 61-67.
- Fang Ch., Campbell G.M.** 2003. On predicting roller milling performance V: effect of moisture content on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Journal of Cereal Science*. Vol. 37. s. 31-41.
- Laskowski J., Łysiak G.** 1997. Relationships between resistance characteristics of barley kernels and energy consumption during grinding on hammer mill. *International Agrophysics*. Vol. 11. s. 265-271.
- Laskowski J., Łysiak G.** 1997. Stanowisko do badań procesu rozdrabniania surowców biologicznych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*. Nr. 1/2. s. 55-58.
- Laskowski J., Łysiak G., Łojewska H.** 2001. Wpływ prędkości bijaków na zużycie energii rozdrabniania wybranych surowców zbożowych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 13(33). s. 244-248.
- Letang C., Samson M.-F., Lasserre T.-M, Chaurand M., Abecassis J.** 2001. Production of starch with very low protein content from soft and hard wheat flours by jet milling and air classification. *Cereal Chemistry*. Vol. 79. s. 535-543.
- Marks N., Sobol Z., Baran D.** 2006. Wpływ wilgotności na energochłonność procesu rozdrabniania ziarna zbóż. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(78). s. 281-288.
- Pujol R, Letarg C., Lempereur A., Chaurand M., Mabile F., Abecassis J.** 2000. Description of a micromill with instrumentation handicap measuring grinding characteristics of wheat kernel, *Cereal Chemistry*. Vol. 77. s. 421-427.
- Romański L., Stopa R., Niemiec A., Wiercioch M.** 2006. Wpływ wilgotności i temperatury ziarniaków pszenicy na energochłonność zgniatania. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(79). s. 147-152.

THE INFLUENCE OF HUMIDITY ON THE PROCESS INVOLVING SHREDDING OF WHEAT GRAIN DIVERSIFIED IN HARDNESS

Abstract. The purpose of the work was to determine to what extent the change in humidity of wheat seeds characterised by different hardness affects percussive shredding energy consumption. Tested material included grains of two wheat varieties: Slade and Nawra, with hardness index HI values: 17.2 and 74.0, respectively. Grain was brought to six humidity levels (from 10 to 20%, every 2%). At the same time, the values of specific energy consumption indicators were growing linearly with the increasing grain humidity. Higher values of these indicators were always obtained for hard wheat grain. Differences in energy expenditures for shredding between hard and soft grain were growing with increasing grain humidity.

Key words: shredding, wheat, hardness, energy consumption

Adres do korespondencji:

Dariusz Dziki; e-mail: dariusz.dziki@up.lublin.pl,
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-280 Lublin