

Dariusz Dziki  
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego  
Akademia Rolnicza w Lublinie

## WPLYW POROŚNIĘCIA ZIARNA ŻYTA NA ENERGOCHŁONNOŚĆ ROZDRABNIANIA

### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu porośnięcia ziarna żyta na energochłonność rozdrabniania przy wykorzystaniu rozdrabniacza bijakowego. Stwierdzono, że porośnięcie ziarna istotnie wpływa na energochłonność rozdrabniania. Średnia energochłonność rozdrabniania ziarna porośniętego odmiany Fernando wyniosła 99,9 kJ/kg a nieporośniętego 112,5 kJ/kg, zaś dla odmiany Ursus wartości te wyniosły odpowiednio 104,2 i 124,4 kJ/kg. Zmiany energochłonności jednostkowej rozdrabniania opisano równaniem regresji, w którym jako zmienne niezależne uwzględniono wilgotność ziarna i liczbę opadania, informującą pośrednio o porośnięciu ziarna. Współczynnik determinacji wyniósł  $R^2 = 0,801$ . Również inne wskaźniki charakteryzujące proces rozdrabniania pod względem energochłonności wykazały, że rozdrabnianie ziarna porośniętego jest mniej energochłonne. Średnia wartość wskaźnika podatności żyta na rozdrabnianie dla odmiany Ursus i ziarna porośniętego wyniosła 12,0 kJ/m<sup>2</sup>, a dla nieporośniętego 13,9 kJ/m<sup>2</sup>. Natomiast wartości uzyskane dla odmiany Fernando kształtowały się odpowiednio 11,1 i 12,3 kJ/m<sup>2</sup>.

**Słowa kluczowe:** rozdrabnianie, energochłonność, żyto, porastanie

### Wprowadzenie

Porastanie zbóż polega na przedwczesnym rozpoczęciu kiełkowania ziarna. W praktyce proces ten zachodzi często już na polu, kiedy ziarno znajduje się jeszcze w kłosach. W zależności od stopnia uszkodzenia ziarna proces ten może wywołać w różnym stopniu obniżenie jego wartości technologicznej. Żyto wyróżnia się wyjątkową podatnością na porastanie. Z reguły co kilka lat występuje zjawisko masowego porastania żyta w naszym kraju. Powoduje to duże straty jakościowe. Porastanie jest procesem złożonym powodującym zmiany właściwości fizycznych ziarna m.in. zwiększa się objętość ziarna a zmniejsza sypkość. Na skutek zwiększenia

szonej aktywności różnych grup enzymów następuje szereg procesów biochemicznych. Zmiany dotyczą zarówno węglowodanów, jak i białek żyta. Zmiany te oddziałują na właściwości przetwórcze ziarna. Silne porośnięcie żyta ma niekorzystny wpływ na wartość przemiałową ziarna – m.in. powoduje zniżenie wyciągu mąki jasnej oraz zwiększenie zapotrzebowania energii na przemiał [Gąsiorowski 1994]. Podczas przemiału takiego ziarna następuje zalepianie rowków na walcach mlewników i trudności z rozdrabnianiem. Dlatego też porośnięte ziarno żyta jest niechętnie przyjmowane w młynie. Ponadto wartość wypiekowa mąki z takiego ziarna jest nieodpowiednia. Natomiast porośnięcie pszenicy ma niewielki wpływ na właściwości przemiałowe ziarna. Oddziałuje jednak niekorzystnie na cechy wypiekowe mąki [Chamberlain i in. 1983; Kruger 1994].

O ile wpływ porośnięcia ziarna na proces przemiału jest zbadany to brak jest opracowań dotyczących wpływu porośnięcia ziarna żyta na przebieg rozdrabniania przy wykorzystaniu rozdrabniaczy bijakowych. Jest to szczególnie ważne również z tego powodu, że ziarno żyta w głównej mierze przerabiane jest na paszę, a w znacznie mniejszym udziale kierowane jest do przemiału.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu porośnięcia ziarna żyta na energochłonność rozdrabniania.

### **Materiał i metodyka badań**

Materiał badawczy stanowiło ziarno żyta odmian Dańkowskie Złote, Fernando i Ursus. Odmiany Fernando i Ursus pochodziły ze zbiorów z Lubelskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Końskowoli z 2003. Natomiast odmianę Dańkowskie Złote zakupiono w Centrali Nasiennej w Palikijach w 2002 roku.

W celu porośnięcia próbki ziarna poszczególnych odmian przenoszono do zlewek i zalewano wodą wodociągową o temperaturze pokojowej, w ten sposób, że poziom cieczy znajdował się ok. 2 cm nad powierzchnią ziarna. Po 4 godzinach wodę zlewano, a ziarno umieszczano na wilgotnej bibule w zamkniętych pojemnikach. Po 72 godzinach ziarno suszono w temperaturze 35°C do wilgotności około 11%. Jako wskaźnik porośnięcia, poza oceną wzrokową, dla ziarna przed nawilżeniem i po nawilżeniu, wyznaczono liczbę opadania (zgodnie z PN-ISO 3093:1996). Parametr ten charakteryzuje w głównej mierze aktywność enzymów amylolitycznych zawartych w ziarnie żyta.

Do dalszych badań ziarno dowilżono do trzech poziomów wilgotności: 13, 15 i 17%. Przed badaniami próbki leżakowały przez 48 godzin. Proces rozdrabniania przeprowadzono, wykorzystując rozdrabniacz bijakowy typu POLYMIX-Micro-Hammermill MFC według metodyki opisanej przez Laskowskiego i Łysiaka

[1997]. Urządzenie współpracowało z układem do pomiaru i rejestracji mocy prądu. Rozdrabniacz wyposażony był w sito o wielkości oczek wynoszącej 2,0 mm. Uzyskaną śrutę poddano analizie składu granulometrycznego przy wykorzystaniu odsiewacza Thyr 2 wyposażonego w odpowiedni zestaw sit i obliczono średni wymiar cząstek. Następnie przy pomocy specjalistycznego oprogramowania wyznaczono energochłonność jednostkową rozdrabniania (iloraz energii rozdrabniania do masy rozdrobnionego ziarna) oraz wskaźnik podatności ziarna na rozdrabnianie (iloraz energii rozdrabniania do powierzchni cząstek po rozdrobnieniu). Obliczono również wskaźnik rozdrabniania  $K$  (stała proporcjonalności) na podstawie teorii rozdrabniania przedstawionej przez Sokołowskiego [1996]. Sposób wyznaczenia powyższych wskaźników przedstawiony został w opracowaniu [Dziki, Laskowski 2004].

Badania przeprowadzono w pięciu powtórzeniach dla każdej próby i przy każdej wilgotności ziarna. Obliczono wartości średnie oraz przeprowadzono analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi określono, wykorzystując test Tukeya. Wyznaczono także współczynniki korelacji liniowej Pearsona, a otrzymane zależności opisano równaniami regresji. Przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

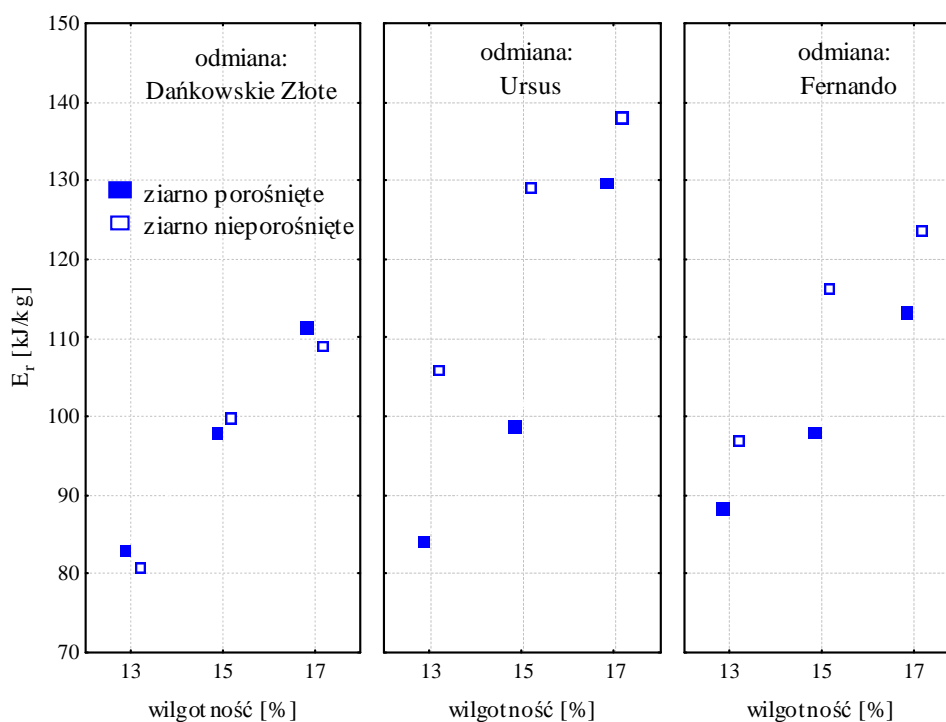
### Wyniki badań i dyskusja

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że spośród badanych odmian żyta ziarno odmiana Dańkowskie Złote porośło w najmniejszym stopniu. Oceniając wygląd ziarna po namoczeniu i leżakowaniu nie stwierdzono u ziarniaków tej odmiany widocznych oznak skiełkowania. Również pomiary liczby opadania wykazały, że aktywność enzymatyczna ziarna tej odmiany na skutek nawilżenia zmieniła się nieznacznie (spadek liczby opadania z 130 do 123 s). Odmianę Dańkowskie Złote można zatem w przybliżeniu traktować jako odmianę wzorcową. Natomiast u ziarniaków dwóch pozostałych odmian zaobserwowano wyraźne oznaki porośnięcia. Zdecydowana większość ziarniaków zaczęła kiełkować. Potwierdzeniem tego był także spadek liczby opadania (u odmiany Fernando z 150 do 62 s, a u odmiany Ursus z 81 do 62 s).

Stwierdzono, że wilgotność i porośnięcie ziarna miały niewielki wpływ na skład granulometryczny śruty i średni wymiar rozdrobnionych cząstek. Wynika to głównie z zastosowania w rozdrabniaczu sita, co wymusza określony stopień rozdrobnienia. Wykazano natomiast, że porośnięcie ziarna istotnie wpływa na energochłonność jednostkową rozdrabniania ( $E_r$ ). W odniesieniu do ziarna odmian Fernando i Ursus stwierdzono, że statystycznie istotnie wyższymi wartościami  $E_r$  charakteryzowało się ziarno nieporośnięte. Zależności takie wystąpiły przy każdej z rozpatrywanych wilgotności ziarna. Średnia energochłonność rozdrabniania ziarna porośniętego odmiany Fernando wyniosła 99,9 kJ/kg a nieporośniętego

112,5 kJ/kg, zaś dla odmiany Ursus wartości te wyniosły odpowiednio 104,2 i 124,4 kJ/kg. Natomiast w odniesieniu do odmiany Dańkowskie Złote nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi wartościami  $E_r$  uzyskanymi dla ziarna przed i po porośnięciu (rys. 1). Należy jednak zauważyć, że odmiana ta w zasadzie nie porośla. Wzrost wilgotności ziarna powodował zwiększenie  $E_r$ . Zmiany energochłonności jednostkowej rozdrabniania ( $E_r$ ) opisano równaniem regresji, w którym jako zmienne niezależne uwzględniono wilgotność ziarna ( $w$ ) i liczbę opadania ( $l_o$ ) informującą pośrednio o porośnięciu ziarna:

$$E_r = 7,63w - 0,2382l_o + 15,39; R^2 = 0,801 \quad (1)$$

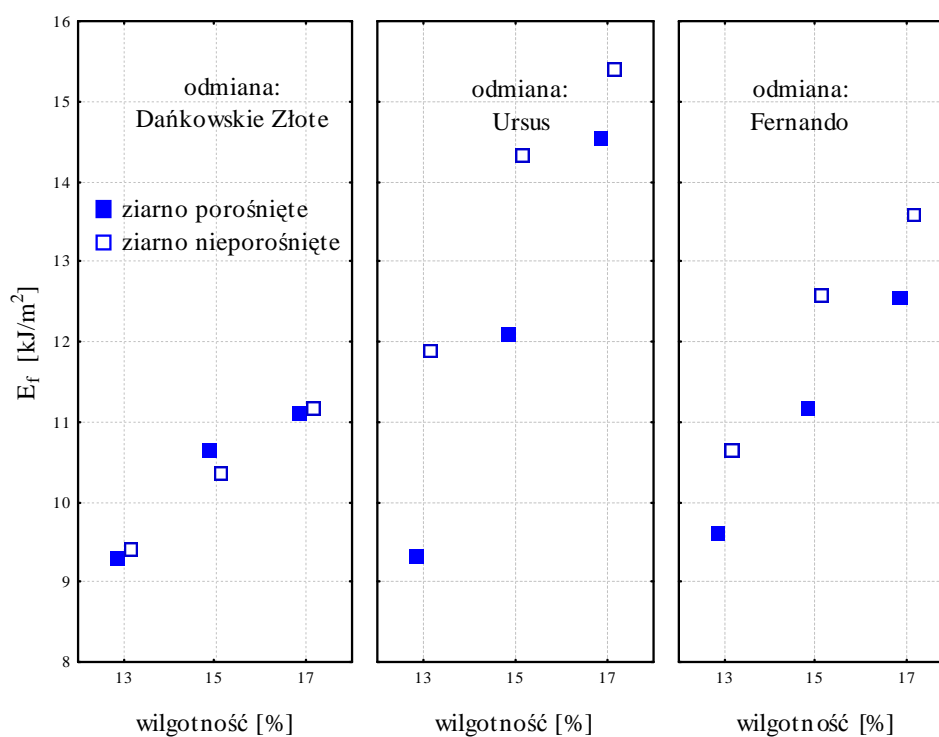


Rys. 1. Energochłonność jednostkowa rozdrabniania ziarna żyta

Fig. 1. Unit energy consumption in rye grain comminution

Zmiany wskaźnika podatności żyta na rozdrabnianie ( $E_f$ ) kształtowały się podobnie, jak zmiany energochłonności jednostkowej rozdrabniania. W odniesieniu do odmiany Dańkowskie Złote nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi

wartościami  $E_f$  uzyskanymi dla ziarna porośniętego i nieporośniętego. Natomiast dla odmian Ursus i Fernando mniejsze wartości  $E_f$  otrzymywano dla ziarna nieporośniętego (rys. 2). Średnia wartość wskaźnika podatności żyta na rozdrabnianie dla odmiany Ursus i ziarna porośniętego wyniosła  $12,0 \text{ kJ/m}^2$ , a dla ziarna nieporośniętego  $13,9 \text{ kJ/m}^2$ . Natomiast wartości  $E_f$  uzyskane dla odmiany Fernando kształtowały się odpowiednio  $11,1$  i  $12,3 \text{ kJ/m}^2$ . Podobnie wskaźnik rozdrabniania ( $K$ ) przyjmował niższe wartości dla ziarna, które zaczęło kiełkować. Średnia wartość tego wskaźnika wyniosła  $108,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mm}^{0,5}$  dla ziarna porośniętego i  $117,9 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mm}^{0,5}$  dla ziarna nieporośniętego. Wzrost wilgotności ziarna powodował zwiększenie wskaźników  $E_f$  i  $K$ .



Rys. 2. Wskaźnik podatności ziarna żyta na rozdrabnianie

Fig. 2. Indicator of susceptibility of rye grain to comminution

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że porośnięcie ziarna nie wpływa niekorzystnie na proces rozdrabniania przeprowadzony przy wykorzystaniu rozdrabniacza bijakowego, a wręcz odwrotnie, energochłonność rozdrabniania ziarna porośniętego jest mniejsza. Można to tłumaczyć tym, że porośnięcie ziarna

powoduje w nim szereg zmian m.in. utratę suchej substancji [Gąsiorowski 1994], co najprawdopodobniej oddziałuje na właściwości wytrzymałościowe ziarna. Strata suchej substancji na skutek porośnięcia prowadzi do zmniejszenia masy właściwej ziarna. Dobraszczyk i inni [2002] wykazali w odniesieniu do ziarna pszenicy, że gęstość ziarniaków w dużym stopniu oddziałuje na ich właściwości wytrzymałościowe. Ziarno o mniejszej gęstości wymaga mniejszej energii do wywołania w nim pęknięć. Tym samym będzie wymagało mniej energii na rozdrabnianie.

Wilgotność ziarna powodowała wzrost nakładów energii na proces rozdrabniania. Potwierdza to rezultaty uzyskane przez innych autorów [Łysiak, Laskowski 1999, Kowalik, Opielak 2002]. Należy jednak zauważyć, że zależność między wilgotnością a energochłonnością rozdrabniania zależy także od sposobu rozdrabniania oraz zastosowanego rozdrabniacza. Romański i Niemiec [2001] wykazali, że przy zastosowaniu gniotownika walcowego zależność między energochłonnością jednostkową rozdrabniania i wilgotnością ziarna pszenicy nie jest liniowa i można ją opisać wielomianem stopnia drugiego, gdzie ekstremum występuje przy wilgotności ziarna wynoszącej ok. 16%.

### **Wnioski**

1. Porośnięcie ziarna wpływa na energochłonność jednostkową rozdrabniania. Dla ziarna odmian Fernando i Ursus stwierdzono, że statystycznie istotnie wyższymi wartościami tego parametru charakteryzowało się ziarno nieporośnięte. Zależności takie wystąpiły przy każdej z rozpatrywanych wilgotności ziarna. Średnia energochłonność rozdrabniania ziarna porośniętego odmiany Fernando wyniosła 99,9 kJ/kg a nieporośniętego 112,5 kJ/kg, zaś dla odmiany Ursus wartości te wyniosły odpowiednio 104,2 i 124,4 kJ/kg.
2. Zmiany energochłonności jednostkowej rozdrabniania opisano równaniem regresji, w którym jako zmienne niezależne uwzględniono wilgotność ziarna i liczbę opadania ( $R^2 = 0,801$ ).
3. Uzyskane wartości wskaźnika podatności ziarna na rozdrabnianie oraz wskaźnika rozdrabniania  $K$  potwierdziły, że nieporośnięte ziarno żyta w porównaniu z ziarnem porośniętym wymaga większych nakładów energii na rozdrabnianie. W celu potwierdzenia otrzymanych zależności konieczne są dalsze badania nad większą liczbą odmian.

### **Bibliografia**

Chamberlain, N., Collins, T.H., McDermott, E.E. 1983. The influence of alpha-amylase on loaf properties in the U.K. In: Progress in Cereal Science and Techno-

logy. J. Holas and J. Kratochvil, eds. Elsevier Science Publishers: Amsterdam, pp. 841-845.

Dobraszczyk B.J., Withworth M.B., Vincent J.F.V., Khan A.A. 2002. Single kernel wheat hardness and fracture properties in relation to density and the modeling of fracture in wheat endosperm. *J. Cereal Sci.* 35:245-263.

Dziki D. Laskowski J. 2004. The energy-consuming indexes of wheat kernel grinding process. TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture IV:62-69.

Gąsiorowski H. 1994. *Żyto - chemia i technologia*. PWRiL Poznań, s. 189.

Kowalik K, Opielak M., 2002. Badanie wpływu wilgotności i rodzaju ziarna zbóż na jednostkowe zużycie energii podczas rozdrabniania, *Problemy Inżynierii Rolniczej* 4(38):51-55.

Kruger, J.E. 1994. Enzymes of sprouted grains and possible technological significance. In: *Wheat: Production, Properties and Quality*. W. Bushuk and V. Rasper, eds. Blackie Academic and Professional, Glasgow, U.K, pp. 841-845.

Laskowski J. Łysiak G. 1997. Stanowisko do badań procesu rozdrabniania surowców biologicznych. *Post. Tech. Przetw. Spoż.* 1/2, s. 55-58.

Łysiak G., Laskowski J. 1999. Analiza energochłonności rozdrabniania ziarna zbóż i nasion roślin strączkowych. *Inż. Roln.* 5:186-193.

Romański L., Niemiec A. 2001. Wpływ wilgotności ziarna pszenicy na energię rozdrabniania w gniotowniku modelowym. *Acta Agrophysica* 46: 153-158.

Sokołowski, M. 1996. Energy consumed in comminution - and new idea of and general of law of comminution - new tests stands and testing results. *Récents progrès en génie procédés.* 10, 221-226.

## **IMPACT OF RYE GRAIN SPROUTING ON ENERGY CONSUMPTION IN COMMINUTION**

### **Summary**

Presented are research results regarding the impact of sprouting of rye grain on the energy consumption needed for the comminution by using a hammer mill. It was found that sprouting of grain has indeed an effect on energy consumption in the comminution process. The average energy consumption in comminuting sprouted grain of the Fernando variety was 99.9 kJ/kg and non-sprouted 112.5 kJ/kg, and for the Ursus variety, those values were respectively 104.2 and 124.4 kJ/kg. The changes of unit energy consumption in comminution were described with a regression equation, where the grain humidity and the falling number were taken as independent variables, indirectly inform about the sprouting of the grain. The coefficient of determination was  $R^2 = 0.801$ . In addition, other indicators characterizing the process of comminution in terms of energy consumption have shown, that comminution of sprouted grain is less energy consuming. The average value of the indicator of susceptibility of rye grain to comminution was 12.0 kJ/m<sup>2</sup> for the Ursus variety and sprouted grain, and 13.9 kJ/m<sup>2</sup> for non-sprouted rye. The values obtained for the Fernando variety were respectively 11.1 and 12.3 kJ/m<sup>2</sup>.

**Key words:** comminution, energy consumption, rye, sprouting