

CIEPŁO SPALANIA ZIARNIAKÓW ZBÓŻ Z PODRODZINY WIECHLINOWATYCH

Andrzej Żabiński, Urszula Sadowska

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Grzegorz Wcisło

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem podjętych badań było określenie i porównanie wartości ciepła spalania ziarniaków zbóż przy różnym stopniu ich uwilgotnienia (11, 16, 18%). Badania wykonano za pomocą kalorymetru zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO 9831:2005. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono m.in. że największymi średnimi wartościami ciepła spalania przy wilgotności 11 i 18% charakteryzują się ziarniaki owsa i jęczmienia.

Słowa kluczowe: ziarniaki zbóż, ciepło spalania, metoda kalorymetryczna

Wstęp i cel badań

Biomasa jako paliwo będzie coraz częściej stosowana do ogrzewania gospodarstw, domów i obiektów użyteczności publicznej. Sprzyjają temu m.in. rosnące ceny gazu i oleju opałowego a także nałożony na Polskę obowiązek wzrostu udziału energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Na świecie, a ostatnio także i w Polsce, do celów energetycznych wykorzystuje się ziarno zbóż, głównie owsa i kukurydzy. Zaletą wykorzystania ziarna jako paliwa, ze względu na niewielkie rozmiary ziarniaków, jest łatwiejszy transport i magazynowanie w porównaniu ze słomą czy też drewnem. Ponadto wykorzystanie tego rodzaju biomasy daje duże możliwości techniczne pełnej automatyzacji procesu zadawania paliwa do kotła [Janowicz 2006].

W Polsce wykorzystanie ziarna na cele energetyczne stanowi jeszcze nowość, ponadto istnieje bariera mentalna, wynikająca z dużego szacunku polskich rolników do ziarna zbóż. Jednak do celów energetycznych można wykorzystać ziarniaki gorszej jakości, nieprzydatne na cele konsumpcyjne czy też paszowe. Większa część wyprodukowanego ziarna składowana jest w przechowalniach, gdzie niejednokrotnie dochodzi do porażenia przez szkodniki magazynowe. Jednym z nich jest trojszyk ulec. Skutkiem jego żerowania jest znaczne obniżenie energii kiełkowania ziarna oraz zanieczyszczenie wylinkami, odchodami, martwymi owadami oraz toksycznymi dla ludzi i zwierząt benzochinonami [Laszczak-Dawid, Ciepielewska 2009]. Źródło ziarna na cele energetyczne mogą stanowić również plantacje zbóż opanowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Porażenie kłosów pszenicy przez *Fusarium spp.* dotyczące wg. badań Czabana i wsp. [2009] zwłaszcza upraw intensywnych tego gatunku, może prowadzić m.in. do uszkodzeń zarodka ziarniaków, osłabienia siły kiełkowania, obniżenia zawartości białka i wadliwego glutenu. Podstawowym

jednak problemem jaki niesie ze sobą fuzarioza kłosów jest skażenie mikotoksynami. Porażone ziarniaki, nawet z pozoru wyglądające na zdrowe, mogą zawierać szkodliwe dla człowieka i zwierząt metabolity wtórne, tworzone przez grzyby z rodzaju *Fusarium* [Arseniuk i Góral 2005].

Celem podjętych badań było określenie i analiza wartości ciepła spalania ziarniaków zbóż przy różnym stopniu ich uwilgotnienia (11, 16, 18%).

Materiał i metodyka

Materiał do badań pochodził z doświadczenia polowego założonego metodą losowych bloków w czterech powtórzeniach. Doświadczenie prowadzono na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego należącej do kompleksu żyniego dobrego. Przedplonem była gorczyca biała. Badaniami objęto ziarniaki następujących gatunków zbóż:

- pszenica ozima odmiany *Wydma*
- żyto odmiany *Kier*
- pszenżyto ozime odmiany *Moderato*
- jęczmień jary odmiany *Bies*
- wies odmiany *Furman*

Badania prowadzono przy wilgotności 11, 16 i 18%. W celu uzyskania takich wartości, ziarniaki nawilżono do wilgotności 18% w zamkniętym naczyniu, na sicie umieszczonym nad pojemnikiem z wodą, a następnie przesuszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 20°C, aż do poziomu żądanej wilgotności. Podczas suszenia w ustalonych odstępach czasu kontrolowano wilgotność ziarna metodą suszarkowo-wagową zgodnie z Polską Normą PN-R-65950 z grudnia 1994 r. Próbkę suszono przez 1 godzinę w temperaturze 130°C.

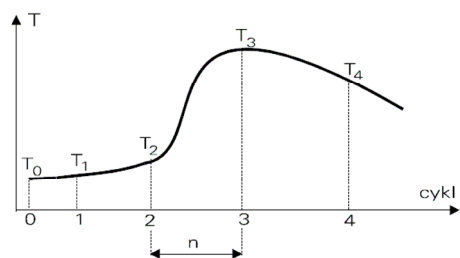
Ciepło spalania ziarniaków oznaczano za pomocą kalorymetru KL-10 (rys. 2 i 3) zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO 9831:2005.

Doświadczenie polegało na całkowitym spalaniu próbek ziarna o masie 1g (+/-0,0002) w atmosferze tlenu pod ciśnieniem 2,8 MPa w bombie kalorymetrycznej, zanurzonej w wodzie o objętości 2,7 dm³, w naczyniu kalorymetrycznym i wyznaczeniu przyrostu temperatury tej wody. Do zapłonu próbki zastosowano drut oporowy z kantalą.

Kalorymetr działa na zasadzie pomiaru charakterystycznych temperatur bilansu cieplnego układu: bomba kalorymetryczna ze spalonym paliwem i naczynie kalorymetryczne z wodą.

Praca kalorymetru podzielona jest na 5 cykli (rys. 1):

- 0 – Włączenie kalorymetru i ustabilizowanie temperatury wewnątrz kalorymetru.
- 1 – Rejestracja temperatury T_1 i odmierzanie odcinka czasu równego 5 minut.
- 2 – Rejestracja temperatury T_2 i zapłon próbki paliwa w bombie kalorymetrycznej. Czas trwania n- minut tj. do osiągnięcia temperatury maksymalnej.
- 3 – Rejestracja temperatury T_3 (maksymalnej) i odmierzanie kolejnego odcinka czasu równego 5 minut.
- 4 – Rejestracja temperatury T_4 i zakończenie pracy.



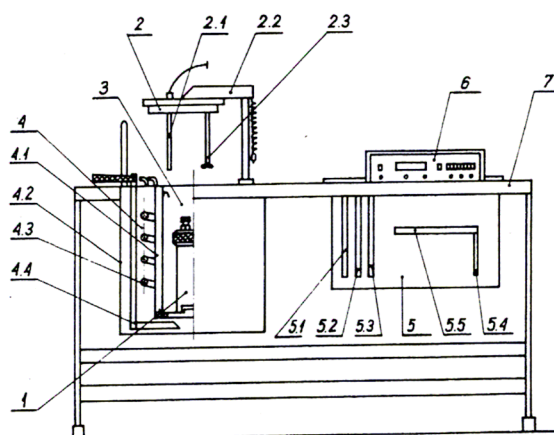
Rys. 1. Przykładowy przebieg zmian temperatury w kalorymetrze

Fig. 1. An exemplary course of temperature changes in a calorimeter



Rys. 2. Stanowisko do badań kalorymetrycznych

Fig. 2. A calorimeter research stand



Rys. 3. Schemat kalorymetru KL-10 wg Instrukcji producenta: 1 – bomba kalorymetryczna; 2 – pokrywa kalorymetru; 2.1 – czujnik temperatury; 2.2 – uchwyt pokrywy; 2.3 – mieszadło mechaniczne; 3 – naczynie kalorymetryczne; 4 – płaszcz kalorymetru; 4.1 – płaszcz kalorymetru – ściana wewnętrzna; 4.2 - płaszcz kalorymetru – ściana zewnętrzna; 4.3 – wężywnica; 4.4 – mieszadło ręczne; 5 – blok elektroniczny; 5.1 – blok termometru; 5.2 – blok pamięci; 5.3 – blok obliczeniowy; 5.4 – blok zasilacza; 5.5 – blok programatora; 6 – pulpit sterujący; 7 – stół kalorymetru

Fig. 3. The scheme of a calorimeter KL-10 according to the manufacturer's instruction: 1 – calorimeter bomb; 2 – calorimeter lid; 2.1 – calorimeter sensor ; 2.2 – lid handle; 2.3 – mechanical stirrer; 3 – calorimeter vessel; 4 – calorimeter coat; 4.1 – calorimeter coat – inner wall; 4.2 – calorimeter coat – outer coat; 4.3 – coil pipe; 4.4 – manual stirrer; 5 – electronic block; 5.1 – thermometer block; 5.2 – memory block; 5.3 – calculation block; 5.4 – power supply block; 5.5 – programmer block; 6 – control pulpit; 7 – calorimeter table

Ciepło spalania próbki paliwa było obliczane automatycznie wg wewnętrznego programu urządzenia przy użyciu następującego wzoru:

$$Q_s = K (T_3 - T_2 - k) \quad (1)$$

gdzie:

- K – stała kalorymetru, [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$],
- T_2, T_3 – charakterystyczne temperatury bilansu, [K],
- k – poprawka na wymianę ciepła kalorymetru z otoczeniem,

$$k = 0,5 [0,2 (T_2 - T_1) + 0,2 (T_4 - T_3)] + 0,2 (n - 1) (T_4 - T_3) \quad (2)$$

gdzie:

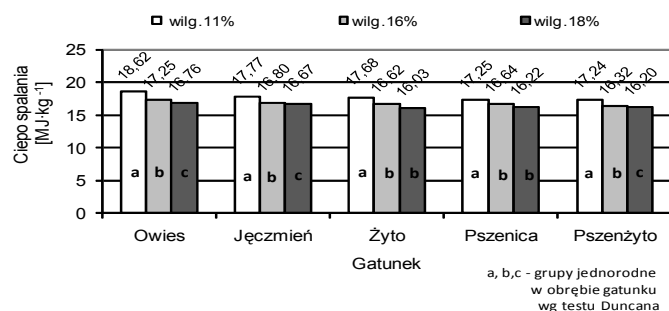
- n – liczba minut w cyklu nr 2 (okresu głównego),
- T_1, T_4 – charakterystyczne temperatury bilansu, [K],

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla poziomu istotności 0,05.

Wyniki badań i ich analiza

W literaturze można obecnie spotkać różne opracowania o tematyce związanej z wykorzystaniem ziarna zbóż na cele opałowe. Dotyczą one jednak najczęściej tylko jednego gatunku – owsa [Niedziółka i Zuchniarz 2006; Kwaśniewski 2010]. W przeprowadzonych badaniach wzięto pod uwagę także inne zboża z podrodziny wiechlinowatych o zróżnicowanej wilgotności, w celu porównania ciepła spalania ich ziarniaków i określenia możliwości ewentualnego wykorzystania ich jako biomasy na cele energetyczne.

Otrzymane wartości ciepła spalania ziarniaków zbóż z podrodziny wiechlinowatych, w zależności od ich uwilgotnienia zawierają się w przedziale od 16,2 do 18,6 $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wraz ze wzrostem wilgotności ziarniaków owsa, jęczmienia oraz pszenżyta w zakresie od 11 do 18% wartości ciepła spalania zmniejszają się, natomiast w przypadku żyta i pszenicy spadek ten obserwowany jest tylko między wilgotnością 11 i 16% (rys. 4). Dalszy jej wzrost u tych gatunków nie powodował istotnych statystycznie zmian oznaczanej cechy.

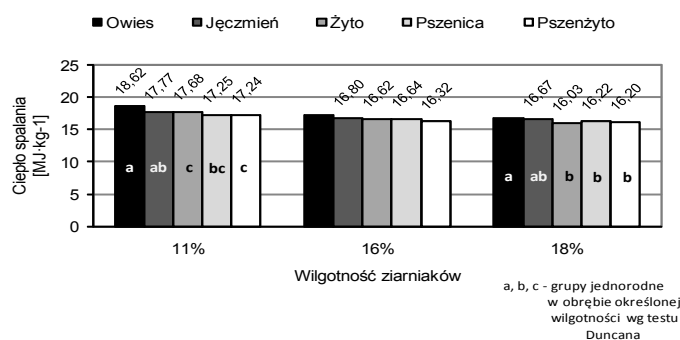


Rys. 4. Wartości ciepła spalania ziarniaków przy różnym stopniu ich uwilgotnienia w obrębie poszczególnych gatunków

Fig. 4. The values of the heat of grain combustion at a different level of humidity within particular varieties

Ciepło spalania ziarniaków...

Największymi wartościami ciepła spalania przy wilgotności 11 i 18% odznaczały się ziarniaki owsa i jęczmienia. Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych różnic pod tym względem między badanymi gatunkami zbóż przy wilgotności 16% (rys. 5).



Rys. 5. Wartości ciepła spalania ziarniaków badanych gatunków zbóż w obrębie określonej wilgotności

Fig. 5. The values of the heat of combustion of grains of examined wheat species within a determined humidity

Wnioski

1. Spośród badanych gatunków zbóż, największymi średnimi wartościami ciepła spalania przy wilgotności 11 i 18% charakteryzują się ziarniaki owsa i jęczmienia.
2. Wzrost wilgotności ziarniaków owsa, jęczmienia oraz pszenżyta w zakresie 11-18% powoduje spadek wartości ich ciepła spalania.
3. Wartości ciepła spalania ziarniaków pszenicy i żyta zmniejszają się tylko w przedziale wilgotności 11-16%.

Bibliografia

- Arseniuk E., Góral T.** 2005. Fuzarioza kłosów – czynniki sprawcze i gospodarcze znaczenie choroby. IV Forum Zbożowe. Dostępny: http://www.pin.org.pl/hrin/txt/2005/3_6.rtf.
- Czaban J., Wróblewska B., Sulek A., Podolska G.** 2009. Wpływ technologii uprawy pszenicy na porażenie jej ziarna grzybami z rodzaju *Fusarium*. III Ogólnopolska Konferencja Naukowo – Szkoleniowa „Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż” IUNG Puławy. Maszynopis.
- Janowicz L.** 2006. Ciepło z ziarna. *Agroenergetyka*. Nr 1(15). s. 39-41.
- Kwaśniewski D.** 2010. Produkcja i wykorzystanie ziarna owsa jako odnawialnego źródła energii. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 3. s. 95-101.
- Laszczak-Dawid A., Ciepiewska D.** 2009. Wpływ wielkości ziarna wybranych odmian pszenicy na rozwój populacji *Tribolium confusum* (Duv.). III Ogólnopolska Konferencja Naukowo – Szkoleniowa „Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż” IUNG Puławy. Maszynopis.
- Niedziółka I., Zuchniarz A.** 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motorol 8A*. s. 232-237.
- Kalorymetr KL-10 automatyczny. Producent PPHU Precyzja – Instrukcja obsługi.

Polska Norma PN-R-65950:1994. Materiał siewny. Metody badań nasion.

Polska Norma PN-EN ISO 9831:2005 Pasze, produkty zwierzęce, kał i mocz. Oznaczanie wartości energetycznej brutto. Metoda bomby kalorymetrycznej.

HEAT OF COMBUSTION OF WHEAT GRAINS FROM A GRAMINEAE SUBGROUP

Abstract. The purpose of the research was to determine and compare the value of the heat of combustion of wheat grains with a different degree of humidity (11, 16, 18 %). The researches were conducted using the calorimeter pursuant to the applicable standard PN-EN ISO 9831:2005. On the basis of the obtained results it was stated, among others, that oat and barley grains are characterised by the highest values of the heat of combustion with the humidity of 11 and 18 %.

Key words: wheat grains, the heat of combustion, calorimeter method

Adres do korespondencji:

Andrzej Żabiński; e-mail; Andrzej.Zabinski@ur.krakow.pl
Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów produkcyjnych,
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Łupaszki 6
30-198 Kraków