

Grzegorz Łysiak, Janusz Laskowski
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego
Akademia Rolnicza w Lublinie

WPLYW WILGOTNOŚCI NA ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE ZIARNA PSZENICY ODMIANY KOBRA

Streszczenie

W pracy analizie poddano wpływ wilgotności ziarna pszenicy odmiany Kobra na jej odporność na pękanie. Ziarno nawilżone do pięciu poziomów wilgotności (w zakresie od 10 do 18%) ściskano na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z020. Pomiar odporności na pękanie oparto o nakłady energii wyznaczone przez pole powierzchni pod krzywą obciążenie-odkształcenie do granicy wytrzymałości ziarna oraz wskaźnika opisywanego zaleceniami ASTM C 1018. Stwierdzono, że odporność na pękanie ziarna pszenicy rośnie wraz z wilgotnością. Zmiany tego parametru obliczone wg dwóch w/w metod w funkcji wilgotności były jednocześnie różne, czego przyczyny należy upatrywać w udziale odkształceń sprężystych i plastycznych w procesie ściskania.

Słowa kluczowe: odporność na pękanie, pszenica, ściskanie

Wykaz oznaczeń

- l_{pl} – deformacja plastyczna w momencie pęknięcia ziarna,
 W_{crack} – praca odkształcenia do momentu pęknięcia ziarna,
 W_{2crack} – praca do momentu odkształcenia odpowiadającego podwójnej wartości odkształcenia zmierzonego dla momentu pęknięcia,
 $TI_{(ASTM)}$ – indeks odporności na pękanie wg ASTM C 1018.

Wprowadzenie

Wiele operacji jednostkowych w przemyśle spożywczym wykorzystuje procesy o naturze mechanicznej, stąd badania właściwości mechanicznych surowców dają dane konieczne dla lepszego zrozumienia ich przebiegu oraz optymalizacji. Odporność na pękanie jest jedną z najważniejszych właściwości materiału. Wyraża

ona najczęściej zależność pomiędzy przyrostem pęknięcia (pole powierzchni, długość pęknięcia) a energią wydatkowaną podczas obciążania. Dla oceny tej właściwości stosowanych jest wiele różnorodnych metod, nie ma również standardowej próbki (nawet dla materiałów konstrukcyjnych). Wybór najlepszej procedury nadal jest determinowany charakterem oczekiwanych informacji.

Zgodnie z Mohseninem [1986] miarą tej cechy może być wielkość pracy koniecznej do osiągnięcia granicy wytrzymałości materiału. Jest to jedynie ogólna idea, a odporność na pękanie była określana m.in. jako maksymalne naprężenie podczas cięcia próbek [Zamora i in. 1998; Morton i in. 1999], siła penetracji [Fairhead i in. 2005], energia rozprzestrzeniania pęknięć [McGarry 1995], naprężenie do 20% deformacji próbki [Zamora i in. 1996] i inne [Dobraszczyk 1994; Dobraszczyk i in. 2002; Lepetit i in. 2000; Ross, Scanlon 2004]. Jak można zaobserwować dla materiałów roślinnych, najpowszechniej stosowane metody wyrażania odporności na pękanie oparte są o wielkość energii wydatkowanej podczas obciążania próbki w zróżnicowanych warunkach.

Cel pracy

Celem pracy było dokonanie analizy wpływu zmiany wilgotności ziarna pszenicy odmiany Kobra na kształtowanie się jej odporności na pękanie.

Metodyka badań

Do badań użyto ziarno pszenicy odmiany Kobra o wilgotności 10, 12, 14, 16 i 18%. Ziarno umieszczone bruzdką w kierunku dolnej nieruchomej i płaskiej płyty ściskano osiowo na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z020. W badaniach stosowano prędkość odkształcania 10mm/min. Eksperymenty wykonano w 20-u powtórzeniach, rejestrując dla każdego pojedynczego ziarna charakterystyki obciążenie-przemieszczenie przy pomocy oprogramowania TestXpert formy Zwick. Punkt pęknięcia odpowiadający „wyraźnemu” spadkowi siły na charakterystyce obciążenie-odkształcenie wyznaczono automatycznie przy pomocy w/w oprogramowania. W tym celu jako kryterium wyboru momentu pęknięcia przyjęto pierwszy minimalny spadek siły obciążającej o wartości 2N. Przyjęte kryterium wyznaczania pęknięcia w przypadku badanego ziarna jednocześnie dobrze określało jego wytrzymałość.

Określenie odporności na pękanie ziarna

Określenie odporności na pękanie oparto o nakłady energii wyznaczone przez pole powierzchni pod krzywą obciążenie-odkształcenie uzyskaną na podstawie testów doświadczalnych.

Odporność na pękanie wyznaczono na dwa sposoby:

- jako nakłady pracy do granicy wytrzymałości, W_{crack} [Mohsenin 1986];
- na bazie indeksu odporności na pękanie opisywanego normą ASTM C 1018 w zastosowaniu do elementów betonowych. W przypadku tego bezwymiarowego wskaźnika odporność na pękanie może być wyrażona wzorem [Bocca i in. 2003]:

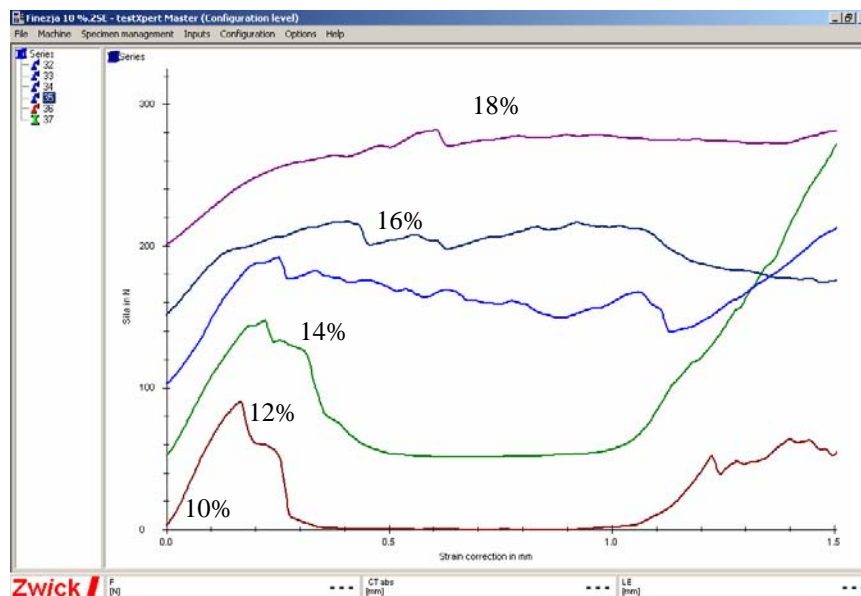
$$TI_{(ASTM)} = \frac{W_{2crack} - W_{crack}}{3W_{crack}}. \quad (1)$$

Wyniki badań

Przykładowe charakterystyki uzyskane dla ściskania ziarna różniącego się wilgotnością przedstawiono na rys. 1. Dla niskich wilgotności ziarno pękało raptownie. Dalszej deformacji towarzyszył szybki spadek siły lub sukcesywne pękanie. Wzrost wilgotności ziarna powodował jego uplastycznianie, w wyniku czego energia nie była już tak łatwo uwalniana w wyniku pęknięcia. Istotne odkształcenia plastyczne były przyczyną znacznych deformacji ziarna podczas ściskania.

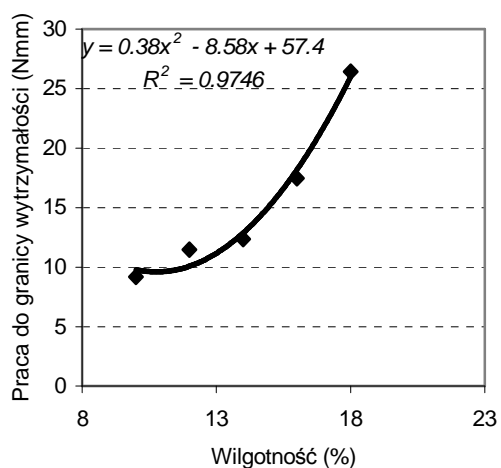
Odporność na pękanie, wyznaczona poprzez nakłady pracy ściskania do granicy wytrzymałości (W_{crack}) wzrastała wraz z wilgotnością nasion (rys. 2). Szybszy wzrost tego parametru zaobserwowano po przekroczeniu wilgotności na poziomie 14%. Spowodowane to było większym wzrostem odkształcenia dla momentu pęknięcia po przekroczeniu tej wilgotności.

Średnie wartości wskaźnika $TI_{(ASTM)}$ w zależności od wilgotności nasion wzrastały liniowo (rys. 3). W porównaniu do wcześniej analizowanego parametru, w zakresie niższych wilgotności obserwowano nieco większe różnice, które jednak nie zostały potwierdzone w oparciu o test Tukeya. W przypadku tego wskaźnika, jak wynika z jego definicji dalszy wzrost wilgotności, nie może jednak powodować szybkiego wzrostu (jak w przypadku W_{crack}) ale krzywa powinna przybierać charakter sigmoidalny dążąc do jedności. Różnicy zachowań w przebiegu obu krzywych należy upatrywać w udziale odkształceń sprężystych i plastycznych w procesie ściskania. Udział tych odkształceń określono za Morawieckim i in. (1977). Generalnie wzrost wilgotności w badanym zakresie powodował liniowy wzrost udziału odkształceń trwałych (rys. 4) do momentu pęknięcia. Również po przekroczeniu wytrzymałości zwiększenie wilgotności i uplastycznienie ziarna powodowały relatywnie stały przyrost nakładów energii na propagację pęknięć w stosunku do energii niezbędnej do ich inicjacji (W_{crack}). Tłumaczy to liniowy przebieg wskaźnika odporności na pękanie $TI_{(ASTM)}$ dla zrealizowanych pomiarów.



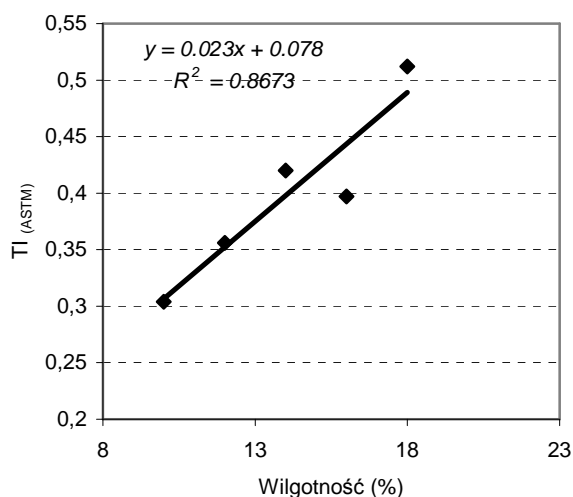
Rys. 1. Przykładowe charakterystyki ściskania ziarna pszenicy (dla lepszej widoczności charakterystyki przesunięto względem osi y)

Fig. 1. Sample wheat grain pressing characteristics (in order to show them better, the characteristics are shifted in relation to axis y)



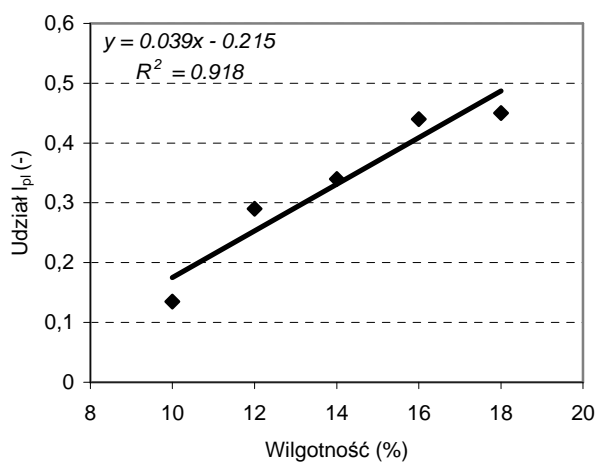
Rys. 2. Wpływ wilgotności na wartości odporności na pękanie ziarna pszenicy w oparciu o nakłady pracy do granicy wytrzymałości

Fig. 2. Moisture content effect on wheat grain crack resistance based on labour amount to reach resistance limit



Rys. 3. Zależność pomiędzy indeksem odporności na pękanie a wilgotnością ziarna pszenicy

Fig. 3. Relation between crack resistance index and wheat grain moisture content



Rys. 4. Udział deformacji plastycznej do momentu osiągnięcia granicy wytrzymałości w zależności od wilgotności ziarna pszenicy

Fig. 4. Plastic strain share until the moment of reaching resistance limit in relation to wheat grain moisture content

Wnioski

1. Odporność na pękanie ziarna pszenicy Kobra wzrastała wraz z jego wilgotnością. Wartości tej cechy oszacowane za pomocą nakładów pracy do granicy wytrzymałości rosły od około 10 do 26 Nmm, szczególnie wyraźnie po przekroczeniu wilgotności 14%.
2. Wpływ wilgotności na indeks odporności na pękanie, określony według wymagań normy ASTM, był liniowy i wahał się od około 0,30 do 0,51.
3. Zasadniczą przyczyną zaobserwowanych różnic jest wzajemny udział deformacji sprężystej i plastycznej w procesie ściskania ziarna. Znaczenie deformacji plastycznych rośnie wraz z wilgotnością a ich wyróżnienie jest niezbędne dla prawidłowej oceny analizowanej cechy.
4. Istnieje potrzeba dalszych badań dla wyboru użytecznej metody oceny odporności na pękanie jako jednej z najważniejszych właściwości materiału w tym również materiałów biologicznych. Poszerzenie zakresu badań o ziarno różnego pochodzenia pozwolić może m.in. na wyznaczenie różnic w odporności na pękanie wynikających z formy, odmiany itp.

Bibliografia

Bocca P. G., Antonaci P., Di Vasto V. 2003. Nuova metodologia per la caratterizzazione del comportamento duttile-fragile del calcestruzzo in situ. Proceedings of the XXXII AIAS National Conference, Salerno (CD-Rom).

Dobraszczyk, B.J. 1994. Fracture mechanics of vitreous and mealy wheat endosperm. *Journal of Cereal Science* 19(3): 417-420.

Dobraszczyk, B. J., Whitworth, M. B., Vincent, J. F. V., Khan, A. A. 2002. Single Kernel Wheat Hardness and Fracture Properties in Relation to Density and the Modelling of Fracture in Wheat Endosperm. *Journal of Cereal Science* 35(3): 245-263.

Fairhead, V. A., Amsler, C. D., McClintock, J. B., Baker, B. J. 2005. Within-thallus variation in chemical and physical defences in two species of ecologically dominant brown macroalgae from the Antarctic Peninsula. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 322(1): 1-12.

Lepetit, J., Grajales, A., Favier, R. 2000. Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat: consequence on meat toughness. *Meat Science* 54(3): 239-250.

McGarry, A. 1995. Cellular Basis of Tissue Toughness in Carrot (*Daucus carota* L.) Storage Roots. *Annals of Botany* 75(2): 157-163.

Morawiecki M., Sadok L., Wosiek E. 1977. Teoretyczne podstawy technologicznych procesów przeróbki plastycznej Wydawnictwo „Śląsk” Katowice.

Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2. ed. New York: Gordon and Breach.

Morton, J.D., Bickerstaffe, R., Kent, M.P., Dransfield, E., Keeley, G.M. 1999. Calpain–calpastatin and toughness in *M. longissimus* from electrically stimulated lamb and beef carcasses. *Meat Science* 52(1), 71-79.

Ross, K. A., Scanlon, M, G. 2004. A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. *Journal of Food Engineering* 62(4): 417-423.

Zamora, F., Chaïb, F., Dransfield, E. 1998. Calpains and Calpastatin from Cold-shortened Bovine *M. longissimus lumborum*. *Meat Science* 49(1): 127-133.

Zamora, F., Debiton, E., Lepetit, J., Lebert, A., Dransfield, E., Ouali, A. 1996. Predicting Variability of Ageing and Toughness in Beef *M. Longissimus lumborum et thoracis*. *Meat Science* 43(3-4): 321-333.

HUMIDITY EFFECT ON *KOBRA* VARIETY WHEAT GRAIN CRACK RESISTANCE

Summary

The paper presents analysis of the *Kobra*-variety wheat grain humidity effect on its crack resistance. Grains moisturized to five humidity levels (ranging from 10 to 18%) were pressed in the Zwick Z020 testing machine. Crack resistance measurement was based on energy expenditure determined by surface area under the load-strain curve to grain resistance limit and the index specified in the ASTM C 1018 guidelines. It has been proved that wheat grain crack resistance grows with humidity. Changes of this parameter calculated using both of the above-mentioned methods in relation to humidity differed at the same time. This was due to participation of elastic and plastic strains in pressing process.

Key words: crack resistance, wheat, pressing