

WPŁYW WILGOTNOŚCI NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE ZIARNA PSZENICY

Małgorzata Goździewska, Dariusz Piekarski, Dariusz Andrejko
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące określenia wytrzymałości mechanicznej pojedynczych ziaren pszenicy o różnej wilgotności. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem wilgotności ziarna zmniejsza się wartość siły ściskającej oraz zwiększa się energia ściskania. Nie odnotowano jednoznacznych zależności między wilgotnością ziarna a siłą i energią cięcia.

Słowa kluczowe: cięcie, ściskanie, właściwości mechaniczne, ziarno pszenicy

Wprowadzenie

Właściwości mechaniczne ziarna w znacznym stopniu decydują o rozwiązaniach konstrukcyjnych maszyn i urządzeń wykorzystywanych podczas zbioru, jak i do przetwarzania na produkty spożywcze czy pasze.

Badaniami dotyczącymi wpływu wilgotności ziarna na zmiany wytrzymałości zajmowali się m.in. Laskowski i Zdybel [2003]. Stwierdzili oni, że zmiana wilgotności wpływa na wartość odkształcenia do progu wytrzymałości doraźnej. Zwiększenie wilgotności przyczynia się do wzrostu odkształcenia.

Szot i Stępniewski [1991], po przeprowadzeniu badań odporności na ściskanie stwierdzili, że wilgotność jest czynnikiem najbardziej decydującym o właściwościach mechanicznych. Wykazali, że ziarno żyta w wilgotności 21% traci sprężystość ulegając odkształceniom plastycznym.

Wiele publikacji poświęconych jest badaniom wytrzymałościowym ziarna wyrażanym poprzez jego twardość. Prowadzono pomiar twardości ziarna głównie na mikrotwardościomierzach Brabendera [Gąsiorowski, Poliszki 1997; Janiak, Laskowski 1996]. Przedstawiono sposoby oznaczenia uogólnionych wskaźników mikrotwardości bielm pszenic, pozwalających uwzględnić ich niejednorodność strukturalną.

Doświadczenia dowiodły, iż na właściwości mechaniczne mają wpływ m.in. takie czynniki jak: wilgotność ziarna, cechy geometryczne, cechy genetyczne, rejonizacja upraw oraz nawożenie gleb [Janiak, Laskowski 1996].

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest próba opracowania zależności matematycznych opisujących zmiany właściwości mechanicznych ziarna pszenicy spowodowane różną ich wilgotnością.

Materiał i metodyka

Wybór materiału badawczego

Za obiekt badań przyjęto ziarna pszenicy odmiany Zawisza. Materiał jednolity odmianowo pochodził ze zbiorów w 2006 roku. Wilgotność ziaren wynosiła ok. 11%. Właściwości fizyczne materiału badawczego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości fizyczne ziaren pszenicy odmiany Zawisza
Table 1. Physical properties of wheat grains of Zawisza variety

Wilgotność [%]	Gęstość usypowa [kg·m ⁻³]	Gęstość utrzęsiona [kg·m ⁻³]	Masa 1000 nasion [g]	Kąt zsypu [°]	Kąt usypu [°]
11,0	737,6	791,2	35,27	24	25

Przygotowanie surowca do badań

Do badań przyjęto pięć różnych wilgotności ziarna pszenicy, tj. ok. 8,0, 11,0, 13,0, 15,0 i 18,0%. W celu uzyskania założonych wilgotności ziarno pszenicy dosuszano lub kondycjonowano. Suszenie odbywało się w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 45°C, aż do uzyskania żądanej wilgotności. W przypadku próbek o małej wilgotności dodawano odpowiednią ilość wody, wyliczoną ze wzoru (1).

$$M_w = \frac{W_1 - W_0}{100\% - W_1} \cdot m \quad (1)$$

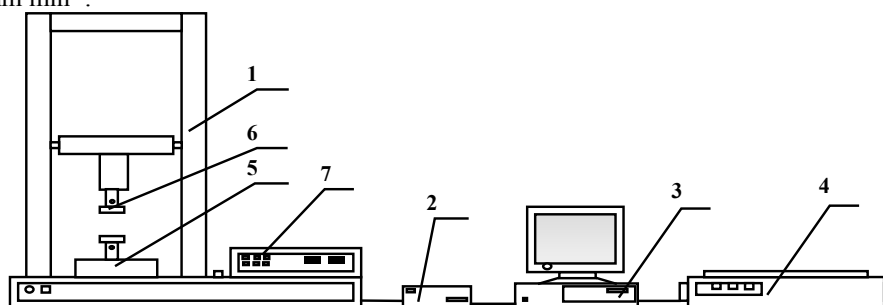
gdzie:

- M_w – masa wody potrzebna do dowilżenia, [g]
- W_1 – wilgotność ziarna po dowilżeniu, [%]
- W_0 – wilgotność początkowa ziarna, [%]
- m – masa próbki, [g]

W celu wyrównania wymaganej wilgotności w całej masie, kondycjonowane próbki przechowywano w hermetycznych pojemnikach w komorze chłodniczej w stałej temperaturze, ok. 3°C poddając je wielokrotnemu utrząsaniu w ciągu dnia. Wilgotność ziarna sprawdzano zgodnie z AACC Metod 44-15A.

Badania właściwości mechanicznych

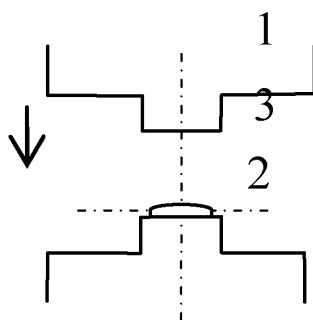
Pojedyncze ziarna pszenicy o różnej wilgotności poddawano testowi ściskania i cięcia. Testy przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Instron 4302 (rys. 1) wyposażonej w głowicę o maksymalnej sile 100 kN. Prędkość elementu obciążającego wynosiła $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – maszyna wytrzymałościowa INSTRON 4302, 2 – przetwornik analogowo – cyfrowy, 3 – komputer, 4 – drukarka, 5 – dolny nieruchomy stół maszyny, 6 – górna ruchoma głowica, 7 – pulpit sterowniczy

Fig. 1. Diagram of the test bench: 1 – testing machine INSTRON 4302, 2 – A/D converter, 3 – computer, 4 – printer, 5 – lower stationary machine table, 6 – upper movable head, 7 – control panel

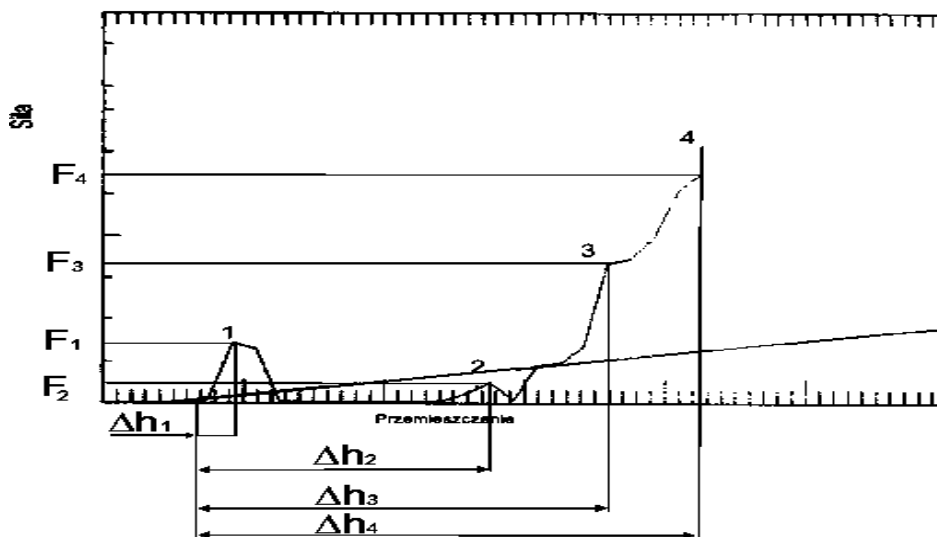
Zastosowano test ściskania jednoosiowego pojedynczych ziaren pszenicy pomiędzy równoległymi płytkami. Ziarna o określonych wymiarach geometrycznych układano na dolnej płytce bruzdą do dołu (rys. 2). Pomiar prowadzono do osiągnięcia stałej odległości pomiędzy płytkami wynoszącą 0,5 mm.



Rys. 2. Schemat ściskania ziaren: 1 – głowica górna ruchoma, 2 – zgniatany obiekt, 3 – nieruchomy stolik

Fig. 2. Grain compression diagram: 1 – upper movable head, 2 – compressed object, 3 – stationary table

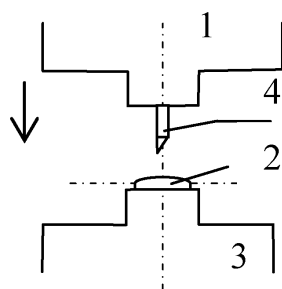
Przykładową krzywą ściskania przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Przykładowa krzywa ściskania ziarna pszenicy: 1 – próg proporcjonalności, 2 – próg plastyczności, 3 – próg wytrzymałości doraźnej, 4 – próg zgniecenia, Δh_1 , Δh_2 , Δh_3 , Δh_4 – odkształcenie, F_1 , F_2 , F_3 , F_4 – siła ściskania [3]

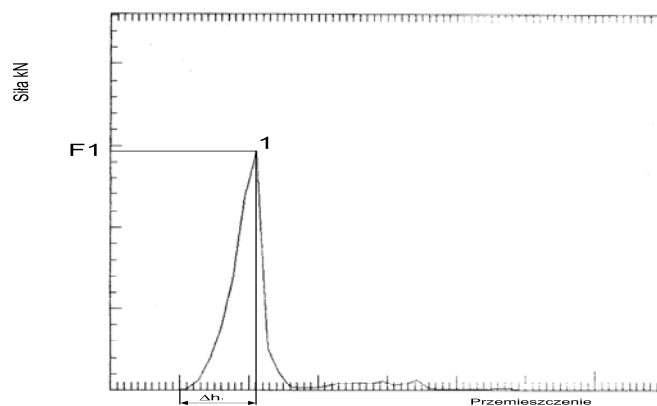
Fig. 3. Exemplary compression curve for wheat grain: 1 – proportional threshold, 2 – plasticity threshold, 3 – temporary strength threshold, 4 – crushing threshold, Δh_1 , Δh_2 , Δh_3 , Δh_4 – strain, F_1 , F_2 , F_3 , F_4 – compression force [3]

W teście cięcia pojedyncze ziarna pszenicy umieszczono pomiędzy płytką dolną a krawędzią tnącą zamocowaną do górnej ruchomej głowicy. Pomiar prowadzono do momentu przecięcia ziarna (rys. 4). Prędkość przesuwu noża wynosiła $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, kąt ostrza noża był równy 30° . Przykładową krzywą cięcia zaprezentowano na rys. 5.



Rys. 4. Schemat cięcia ziaren: 1 – głowica górna ruchoma, 2 – cięty obiekt, 3 – nieruchomy stolik, 4 – krawędź tnąca

Fig. 4. Grain cutting diagram: 1 – upper movable head, 2 – cut object, 3 – stationary table, 4 – cutting edge



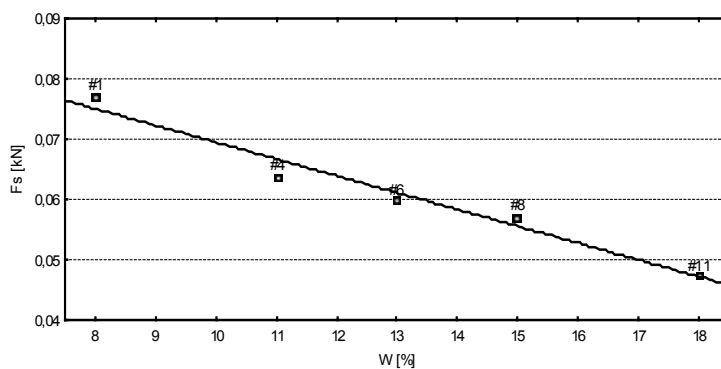
Rys. 5. Przykładowa krzywa cięcia ziarna pszenicy. 1 – próg cięcia

Fig. 5. Exemplary cutting curve for wheat grain. 1 – cutting threshold

W trakcie testu ściskania i cięcia rejestrowano siłę i energię. Wszystkie pomiary przeprowadzono w 10 powtórzeniach, jako wynik przyjmowano średnią arytmetyczną z tych powtórzeń.

Wyniki badań

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono wpływ wilgotności ziaren pszenicy na ich właściwości mechaniczne. Wartości siły ściskającej malały wraz ze wzrostem wilgotności ziaren (rys. 6). Najwyższą wartość siły ściskającej (0,077 kN) zarejestrowano dla ziaren o najmniejszej wilgotności - 8%. Wzrost wilgotności ziaren pszenicy do 18% był przyczyną spadku wartości siły ściskającej do 0,045 kN.



Rys. 6. Zależność siły ściskającej od wilgotności pojedynczych ziaren pszenicy, F_s – siła ściskająca [kN], W – wilgotność ziaren [%]

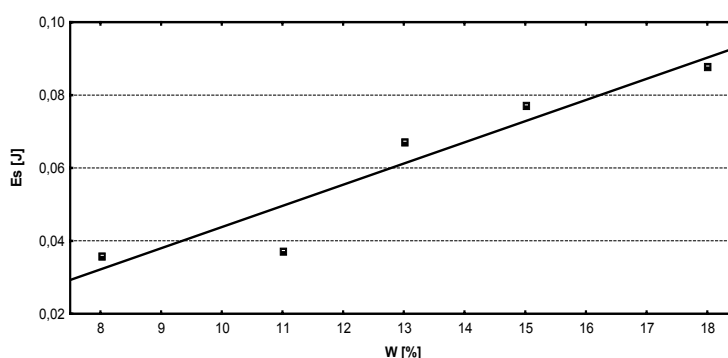
Fig. 6. Dependence of compression force from humidity of single wheat grains, F_s – compression force [kN], W – grain humidity [%]

Zmiany wartości siły ściskającej spowodowane wzrostem wilgotności ziaren pszenicy opisano równaniem regresji pierwszego stopnia (2).

$$F_s(W) = -0,0028 \cdot W + 0,0971 \quad R^2 = 0,9644 \quad (2)$$

Bliska jedności wartość współczynnika determinacji R^2 świadczy o dobrym dopasowaniu opisu matematycznego do danych eksperymentalnych.

Na rys. 7 przedstawiono wpływ wilgotności na energię potrzebną do zgniecenia pojedynczego ziarna pszenicy do grubości 0,5 mm.



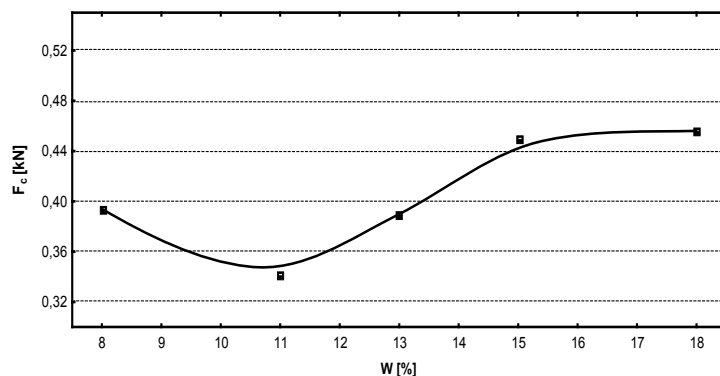
Rys. 7. Zależność energii ściskania od wilgotności ziaren pszenicy, E_s – energia ściskania [J], W – wilgotność ziaren [%]

Fig. 7. Dependence of compression energy from wheat grain humidity, E_s – compression energy [J], W – grain humidity [%]

Z danych zaprezentowanych na rys. 7 wynika, że wartość energii ściskania rośnie wraz ze wzrostem wilgotności ziaren pszenicy. Dla skrajnie testowanych wartości wilgotności ziaren pszenicy, tj. 8% i 18%, różnica energii wynosiła 41%. Zmiany wartości energii ściskania w zależności od wilgotności ziaren pszenicy opisano równaniem regresji pierwszego stopnia (3).

$$E_s(W) = 0,0058 \cdot W - 0,0146 \quad R^2 = 0,896 \quad (3)$$

Zgodnie z założonym programem badań przeprowadzono również testy cięcia. Na rys. 8 zaprezentowano wpływ wilgotności na wartości siły potrzebnej do przecięcia pojedynczego ziarna pszenicy. Nie stwierdzono jednoznacznych zależności między wilgotnością a siłą cięcia, choć wartości uzyskane dla wilgotności od 11% do 18% mogą sugerować wzrost wartości siły cięcia spowodowany dowlżaniem ziaren. Zmiany wartości siły cięcia w zależności od wilgotności ziaren pszenicy opisane równaniem regresji trzeciego stopnia (4).



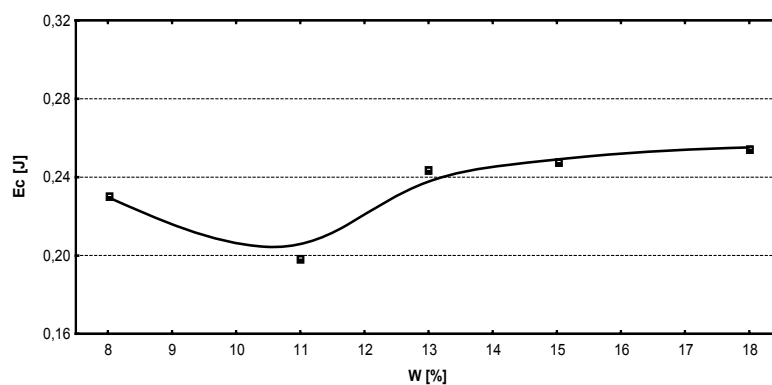
Rys. 8. Zależność siły cięcia od wilgotności ziaren pszenicy, F_c – siła cięcia [kN], W – wilgotność ziaren [%]

Fig. 8. Dependence of cutting force from humidity of wheat grains, F_c – cutting force [kN], W – grain humidity [%]

$$F_c(W) = -0,001 \cdot W^3 + 0,0402 \cdot W^2 - 0,5098 \cdot W + 2,4088 \quad R^2 = 0,99 \quad (4)$$

Analizując zmiany wartości energii potrzebnej do przecięcia pojedynczego ziarna o różnej wilgotności również nie stwierdzono jednoznacznych zależności (rys. 9). Wzrost wilgotności ziaren z 8% do 11% był przyczyną spadku wartości energii cięcia, dalszy wzrost wilgotności pociągał za sobą wzrost wartości energii cięcia aż do 0,255 J. Powyższe zależności opisano równaniem regresji trzeciego stopnia (5).

$$E_c(W) = -0,0005W^3 + 0,019W^2 - 0,2394W + 1,1688 \quad R^2 = 0,8393 \quad (5)$$



Rys. 9. Zależność energii cięcia od wilgotności ziaren pszenicy, E_c – energia cięcia [J], W – wilgotność ziaren [%]

Fig. 9. Dependence of cutting energy from humidity of wheat grains, E_c – cutting energy [J], W – grain humidity [%]

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. wilgotność odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu właściwości mechanicznych ziarna pszenicy;
2. zwiększenie wilgotności z 8% do 18% jest przyczyną spadku wartości siły ściskającej o 49% oraz wzrostu wartości energii ściskania o 59%;
3. zależności między wilgotnością a siłą i energią ściskania z dużą dokładnością opisują równania regresji pierwszego stopnia. Obliczane wartości współczynników determinacji R^2 kształtują się w granicach 0,89-0,96;
4. nie stwierdzono jednoznacznych zależności między wilgotnością ziaren pszenicy a siłą i energią cięcia.

Bibliografia

- Dziki D., Laskowski J.** 2003. Wpływ cech geometrycznych ziarna pszenicy na właściwości mechaniczne i podatność na rozdrabnianie. *Acta Agrophysica* 2(4). s. 735-742.
- Gašiorowski H., Poliszki S.** 1997. Uogólniony wskaźnik mikrotwardości bielma pszenicy. *Przegląd Zboż. – Młyn. R.21* nr 9. s. 6-8.
- Janiak G., Laskowski J.** 1996. Metodyka określenia cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb procesów przetwórczych. *Biuletyn Naukowy Przemysłu Paszowego* nr 1. s. 45-58.
- Laskowski J., Zdybel A.** 2003. Wpływ wilgotności oraz poziomu nawożenia azotowego na właściwości wytrzymałościowe ziarna żyta odmiany Amilo. *Acta Agrophysica* 2(4). s. 803-814.
- Obuchowski W.** 1985. Twardość ziarna pszenicy: znaczenie technologiczne i czynniki oddziaływujące na tę właściwość. *Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy naukowe Z.152.* s. 9-53.
- Szot B., Stępniewski A.** 1991. Wytrzymałość ziarna wybranych zbóż na obciążenie statyczne. *Zeszyty Postępów Nauk Rolniczych, Z.* 389. s. 118.

THE INFLUENCE OF HUMIDITY ON SELECTED MECHANICAL PROPERTIES OF WHEAT GRAIN

Summary. The paper presents test results regarding determination of mechanical strength of single wheat grains with different humidity. It was ascertained that on the increase of grain humidity the value of compression force got reduced and compression energy got increased. No univocal dependencies between grain moisture and cutting force and cutting energy were recorded.

Key words: cutting, compression, mechanical properties, wheat grain

Adres do korespondencji:

Dariusz Andrejko; e-mail: dariusz.andrejko@ar.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin

