

WPŁYW WILGOTNOŚCI NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE ZIARNIAKÓW OWSA I JĘCZMIENIA

Rafał Nadulski, Elżbieta Kusińska, Tomasz Guz, Zbigniew Kobus,
Zbigniew Oszczak

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu wilgotności ziarniaków owsa i jęczmienia na ich wybrane właściwości mechaniczne. Stwierdzono, wyraźny spadek siły ściskającej, pracy deformacji i wskaźnika odporności na ściskanie wraz ze wzrostem wilgotności obu badanych gatunków ziarniaków. Natomiast w przypadku spoistości zaobserwowano spadek jej wartości dla ziarniaków jęczmienia i wzrost dla ziarniaków owsa.

Słowa kluczowe: jęczmień, owies, ziarniak, siła ściskająca, deformacja, praca, spoistość

Wstęp

Wiedza dotycząca właściwości mechanicznych ziarna zbóż jest niezbędna przy projektowaniu maszyn i urządzeń do jego zbioru, transportu, przechowywania i przetwarzania [Arnold i Mohsenin 1971, Grochowicz i Nadulski 1993]. Istnieje wiele prób wyznaczenia cech mechanicznych ziarna zbóż, ale do tej pory brak jest metod badawczych pozwalających na jednoznaczne wyznaczenie charakterystyk ziarna zbóż pod kątem określonych operacji technologicznych.

Ziarno zbóż charakteryzuje duża zmienność właściwości reologicznych [Mohsenin 1986]. Wiąże się to ze specyficzną budową materiałów roślinnych a także z warunkami związanymi z wegetacją, zbiorem, przechowywaniem po zbiorze, obróbką wstępną itd. Właściwości mechaniczne ziarniaków zależą od ich budowy na każdym poziomie i interakcji pomiędzy elementami struktury, kształtu i wielkości, ich wilgotności, stanu powierzchni, temperatury i wielu innych czynników. Budowa materiałów roślinnych w każdej skali jest anizotropowa, heterogeniczna i nieciągła [Jackman i Stanley 1995].

Podczas obciążania ziarna otrzymuje się charakterystyczną krzywą obrazującą zależność pomiędzy siłą a deformacją [Arnold i Mohsenin 1971, Mohsenin 1986, Andrejko i Rydzak 2009]. W ziarnie pod wpływem obciążeń mogą pojawiać się odkształcenia sprężyste, plastyczne i lepkie. Przy niewielkich deformacjach występują odkształcenia sprężyste, przy większych plastyczne i ostatecznie zniszczenie materiału. Brak jest standardowych metod wyznaczania właściwości wytrzymałościowych pojedynczych ziarniaków. Stosowanie różnych technik pomiarowych utrudnia porównywanie wyników badań uzyskanych przez poszczególnych autorów.

Celem pracy było określenie wpływu wilgotności pojedynczych ziarniaków na ich wybrane właściwości mechaniczne. W badaniach zaproponowano wykorzystanie testu podwójne-

go ściskania ziarniaków. Test podwójnego ściskania powszechnie jest stosowany w badaniach surowców roślinnych i materiałów spożywczych [Bourne 1982].

Metodyka badań

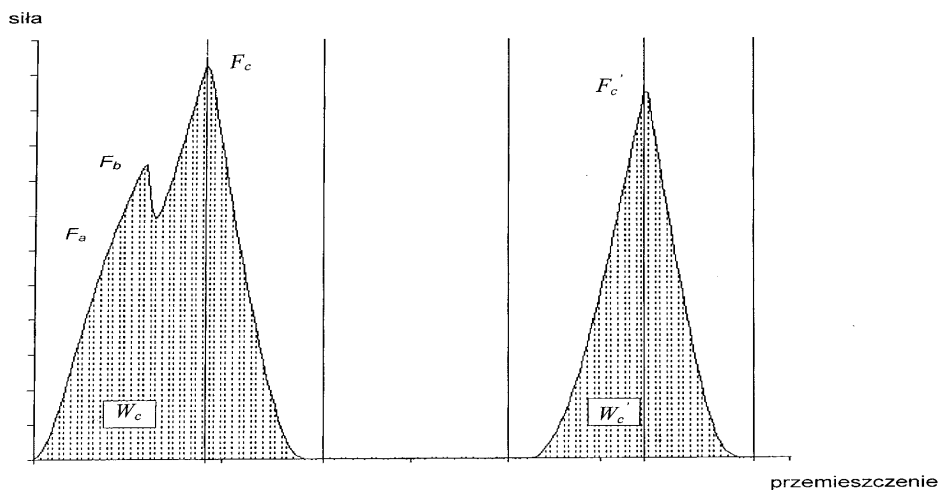
Przygotowanie materiału do badań

Badania przeprowadzono na ziarniakach owsa odmiany Sławko i jęczmienia jarego odmiany Stratus. Materiał pochodził ze zbiorów w 2009 roku. Do badań przyjęto ziarniaki o wilgotności w przedziale 14-24%. Wilgotność początkowa materiału wynosiła ok. 14%. Pozostałe poziomy wilgotności 16, 18, 20, 22 i 24% uzyskano w wyniku nawilżenia ziarniaków. W celu wyrównania wilgotności w całej masie materiał po nawilżeniu przechowywano w hermetycznych pojemnikach w warunkach chłodniczych w stałej temperaturze wynoszącej ok. 6°C. W trakcie przechowywania materiał wielokrotnie mieszano. Wilgotność ziarniaków oznaczano metodą suszarkową. Ziarniaki poddano frakcjonowaniu przy pomocy zestawu sit stosując wytrząsarkę Retch model AS 200. Do badań przyjęto ziarniaki jednolite pod względem wymiarowym.

Pomiar właściwości mechanicznych ziarniaków

Pojedyncze ziarniaki poddawano testowi podwójnego ściskania. Test przeprowadzono przy użyciu teksturometru TA.XT Plus z głowicą o zakresie obciążeń do 0,5 kN. Wyniki pomiarów rejestrowano w pamięci komputera przy wykorzystaniu programu Texture Exponent 32. Ziarniaki obciążano ze stałą prędkością wynoszącą 50 mm min⁻¹. Pojedyncze ziarniaki umieszczano między równoległymi płytkami układając na dolnej płytce bruzdą do dołu. Ziarniaki obciążano do uzyskania 25% deformacji względnej, następnie odciążano i powtórnie obciążano do tego samego poziomu deformacji. W wyniku pomiaru otrzymano charakterystyczną krzywą (rys. 1), z której wyznaczono cztery wielkości: siłę ściskającą F_c , umowny współczynnik odporności ziarniaków na ściskanie S_c , spoistość C_c i pracę deformacji ziarniaków W_c . Siła F_c jest to wartość siły ściskającej uzyskanej przy 25% deformacji względnej próbki. Umowny wskaźnik odporności ziarniaka na ściskanie zdefiniowano jako stosunek wysokości próbki w drugim cyklu obciążenia do wysokości początkowej próbki. Za miarę spoistości C_c ziarniaków przyjęto stosunek pracy deformacji W_c' ziarniaka w drugim cyklu obciążania do pracy deformacji W_c w pierwszym cyklu obciążania.

Pracę deformacji ziarniaków W_c określano przy 25% odkształceniu ziarniaka. Wszystkie pomiary przeprowadzono w 30 powtórzeniach. Konwersję danych pomiarowych przeprowadzono przy użyciu programu Excel, natomiast statystyczną analizę wyników wykonano przy pomocy programu Statistica 6 firmy StatSoft, Inc. [StatSoft, Inc. 2003]. Wyniki badań eksperymentalnych wykorzystano do wyznaczenia równań przedstawiających zmiany analizowanych wielkości wraz ze wzrostem wilgotności ziarniaków.



Rys. 1. Przykładowa krzywa dwukrotnego ściskania ziarniaka jęczmienia w teście podwójnego ściskania: F_a – próg sprężystości, F_b – próg kruchości, F_c , F_c' – siła ściskająca przy założonej wielkości deformacji w pierwszym i drugim cyklu ściskania, W_c , W_c' – praca ściskania ziarniaka w pierwszym i w drugim cyklu ściskania

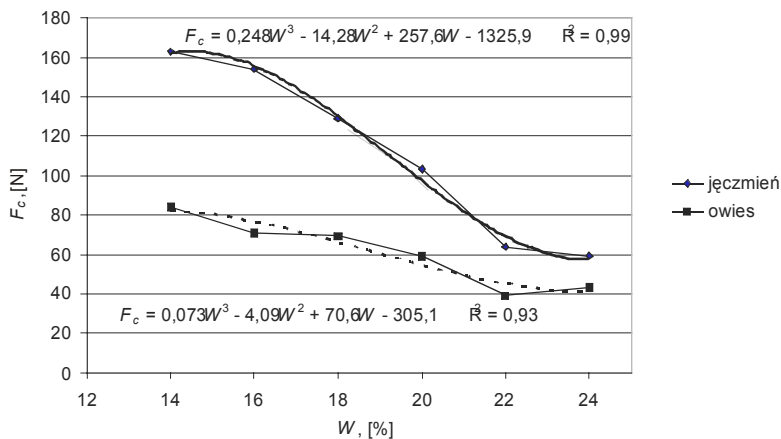
Fig. 1. Sample curve of two-time barley seed compression during double compression test: F_a – elasticity threshold, F_b – crumbliness threshold, F_c , F_c' – compressive force at the assumed distortion value during the first and second compression cycle, W_c , W_c' – seed compression work during the first and second compression cycle

Wyniki badań i ich omówienie

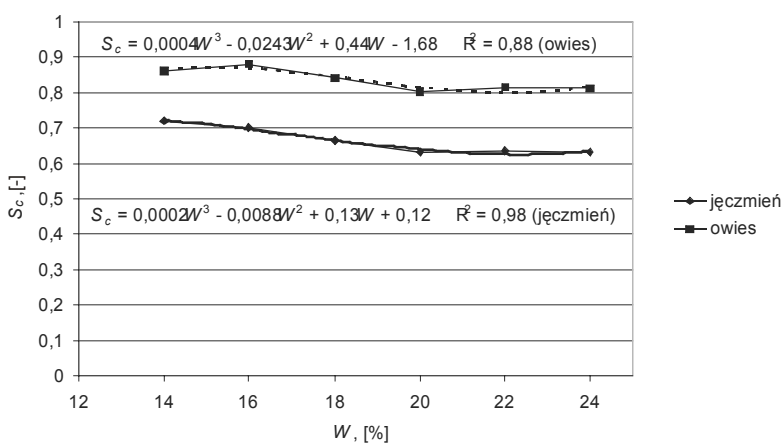
Analiza statystyczna wskazała istotne zróżnicowanie analizowanych wielkości ze zmianą wilgotności ziarniaków owsa i jęczmienia. Wyniki badań przedstawiono w formie graficznej na wykresach.

Analiza wykresu (rys. 2) wskazuje wyraźny spadek siły F_c wraz ze wzrostem wilgotności ziarniaków. Zmiany siły F_c w zależności od wilgotności opisano przy pomocy wielomianów stopnia trzeciego. Ziarniaki jęczmienia charakteryzują się zdecydowanie wyższą odpornością na ściskanie w stosunku do ziarniaków owsa. Wartości siły F_c przy wilgotności ok. 14% są blisko dwukrotnie wyższe dla ziarniaków jęczmienia niż owsa. Te różnice maleją ze wzrostem wilgotności ziarniaków. Dynamika zmian jest wyższa dla ziarniaków jęczmienia.

W analizowanym przedziale wilgotności zaobserwowano spadek siły F_c o 62% dla ziarniaków jęczmienia i o 49% dla ziarniaków owsa. Przy poziomach wilgotności ziarniaków wynoszących 22% i 24% przebieg zmian wskazuje na płynięcie materiału, co związane jest ze znacznym jego uwodnieniem.



Rys. 2. Zmiany siły ściskającej F_c ze wzrostem wilgotności ziarniaków
 Fig. 2. Changes in compressive force F_c with increasing seed moisture content

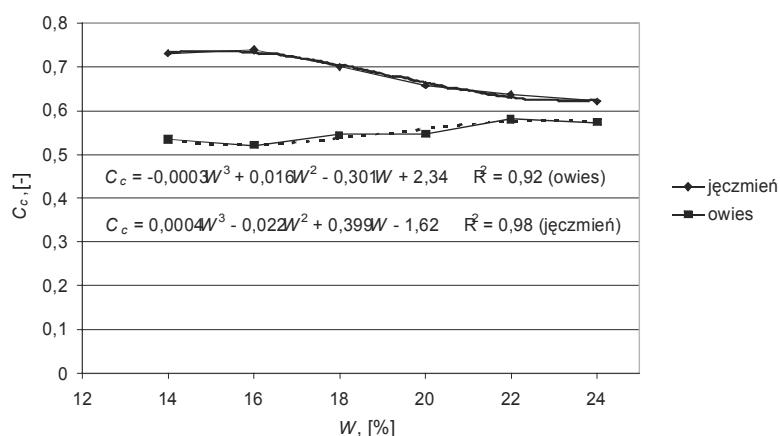


Rys. 3. Zmiany wskaźnika S_c ze wzrostem wilgotności ziarniaków
 Fig. 3. Changes in the S_c index with increasing seed moisture content

Zgodnie z przyjętą metodyką badań wyznaczono wskaźnik S_c odporności na obciążenia mechaniczne ziarniaków jęczmienia i owsa. Wyraża on zdolność materiału do powrotu do stanu wyjściowego po odjęciu obciążenia. Przyjęcie proponowanego wskaźnika pozwala na ocenę podatności ziarniaków na działanie obciążeń, występujących podczas procesów przetwarzania ziarna różnych zbóż. W analizowanym zakresie wilgotności wskaźnik S_c maleje dla obu badanych ziarniaków ze wzrostem ich wilgotności (rys. 3). Dynamika zmian jest stosunkowo niewielka, na poziomie 10%, ale rejestrowane zmiany są istotne

statystycznie. W przypadku owsa uzyskano wyższe wartości wskaźnika w całym analizowanym zakresie wilgotności. Na uwagę zwraca również fakt, że ziarniaki jęczmienia charakteryzują się wyższymi wartościami siły ściskającej F_c w stosunku do ziarniaków owsa, ale niższymi wartościami wskaźnika S_c . Zmiany wskaźnika S_c w zależności od wilgotności ziarniaków opisano przy pomocy wielomianów stopnia trzeciego.

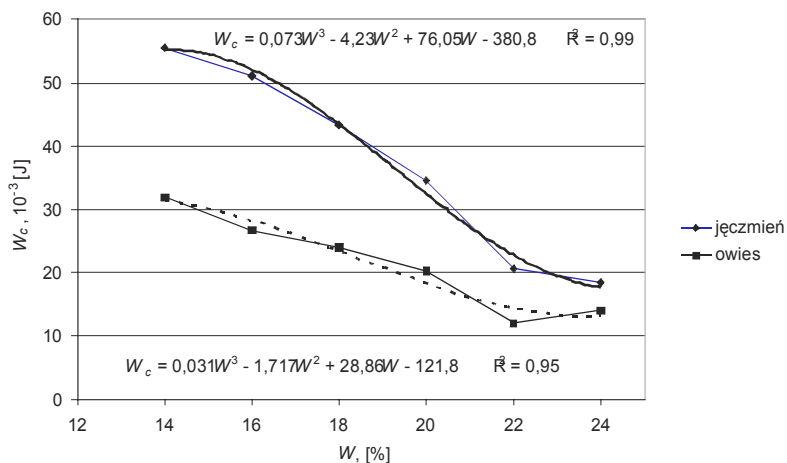
Wyniki badań spoistości ziarniaków przedstawiono na wykresie (rys. 4). Zaobserwowano niewielkie zmiany spoistości badanych ziarniaków w analizowanym przedziale wilgotności. Zmiany spoistości C_c w zależności od wilgotności ziarniaków opisano przy pomocy wielomianów stopnia trzeciego. W przypadku ziarniaków owsa obserwuje się stały wzrost spoistości wraz ze wzrostem wilgotności ziarniaków, natomiast w przypadku ziarniaków jęczmienia zarejestrowano spadki ich spoistości wraz ze zwiększaniem wilgotności ziarniaków. Ziarniaki jęczmienia o wilgotności 14% charakteryzują się blisko 38% wyższą spoistością niż ziarniaki owsa. Przy poziomie wilgotności 24% różnice wartości spoistości pomiędzy badanymi zbożami są nieistotne statystycznie.



Rys. 4. Zmiany spoistości C_c ze wzrostem wilgotności ziarniaków
 Fig. 4. Cohesion changes C_c with increasing seed moisture content

Wzrost wilgotności ziarniaków powoduje wyraźny spadek wartości pracy deformacji W_c dla obu badanych gatunków ziarna zbóż (rys. 5). W analizowanym przedziale wilgotności wartości pracy deformacji W_c maleją blisko trzykrotnie zarówno dla ziarniaków jęczmienia jak i owsa. W całym zakresie wilgotności wyższe wartości pracy deformacji W_c zaobserwowano dla ziarniaków jęczmienia. Zmiany pracy deformacji W_c w zależności od wilgotności ziarniaków opisano przy pomocy wielomianów stopnia trzeciego.

Przeprowadzone badania wskazują na pewne niejednoznaczności w zakresie zmian analizowanych wielkości i wymagają dalszych prac w celu wyjaśnienia ich przyczyn.



Rys. 5. Zmiany pracy ściskania W_c ze wzrostem wilgotności ziarniaków
 Fig. 5. Compression work changes W_c with increasing seed moisture content

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Wartości siły ściskającej F_c , pracy deformacji W_c i spoistości C_c są wyższe dla ziarniaków jęczmienia niż dla ziarniaków owsa, natomiast wskaźnik S_c odporności na obciążenia mechaniczne przyjmuje wyższe wartości dla ziarniaków owsa.
2. Dowilżenie ziarna w zakresie od 14% do 24% powoduje wyraźny spadek siły ściskającej F_c dla obu badanych gatunków ziarniaków, przy czym dynamika zmian jest wyraźnie wyższa w przypadku ziarniaków jęczmienia.
3. W analizowanym zakresie wilgotności 14%-24% wskaźnik S_c charakteryzujący odporność ziarniaków na obciążenia mechaniczne maleje dla ziarniaków jęczmienia jak i owsa ze wzrostem ich wilgotności, przy czym zmiany te są niewielkie, ale istotne statystycznie.
4. Spoistość badanych ziarniaków C_c zależy od ich wilgotności, przy czym zaobserwowano ze wzrostem wilgotności spadek spoistości dla ziarniaków jęczmienia i niewielki wzrost dla ziarniaków owsa.
5. W analizowanym przedziale wilgotności (14-24%) wartości pracy deformacji W_c maleją blisko trzykrotnie dla ziarniaków owsa jak i jęczmienia.

Bibliografia

- Andrejko D., Rydzak L.** 2009. Wpływ wilgotności na właściwości mechaniczne ziarniaków pszenicy ozimej. *Inżynieria Rolnicza*. 2(111). s. 5-10.
- Arnold P.C., Mohsenin N. N.** 1971. Proposed techniques for axial compression tests on intact agricultural products of convex shape. *Trans. ASAE*, 14(1). s. 78-84.
- Bourne M. C.** 2002. *Food texture and viscosity. Concept and measurement*. Academic Press. New York. s. 423.
- Grochowicz J., Nadulski R.** 1993. The methods for studying and determining physical properties of some leguminous plants. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, Z. 399. s. 91-102.
- Jackman R., L., Stanley D.W.** 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in Food Science and Technology*. 6. s. 187-194.
- Mohsenin N. N.** 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New York. s. 891.
- StatSoft, Inc. 2003: STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego własnego Nr N N313 013336

THE IMPACT OF MOISTURE CONTENT ON SELECTED MECHANICAL PROPERTIES OF OATS AND BARLEY SEEDS

Abstract. The paper presents results of the research on the impact of oats and barley seeds moisture content on their selected mechanical properties. The research allowed to observe distinct drop of compressive force, distortion work, and compression strength index with increasing moisture content of both examined seed species. However, in case of cohesion the researchers observed drop of its value for barley seeds, and an increase for oats seeds.

Key words: barley, oats, seed, compressive force, distortion, work, cohesion

Adres do korespondencji

Rafał Nadulski: e-mail: rafal.nadulski@up.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin