

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA METODY EMISJI AKUSTYCZNEJ DO WYKRYWANIA ZANIECZYSZCZEŃ ZIARNA PSZENICY

Ewa Gondek, Ewa Jakubczyk

*Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Grażyna Cacak-Pietrzak

*Katedra Technologii Żywności, Zakład Technologii Zbóż,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Streszczenie. W pracy podjęto próbę oceny możliwości zastosowania metody emisji akustycznej do wykrywania zanieczyszczeń masy ziarna. Badano emisję akustyczną wywołaną kompresją ziarna oczyszczonego oraz ziarna z dodatkiem zanieczyszczeń. Wyznaczono energię i amplitudę dźwięku oraz liczbę zdarzeń EA. Wykazano, że odkształcaniu ziarna zanieczyszczonego towarzyszy wzmożona emisja akustyczna a zarejestrowana liczba zdarzeń ziarna zanieczyszczonego jest kilkakrotnie wyższa niż ziarna pozbawionego zanieczyszczeń.

Słowa kluczowe: pszenica, właściwości akustyczne, zanieczyszczenia

Wstęp

Pszenica jest podstawową rośliną zbożową uprawianą w Polsce. Ziarno pszenicy zebrane bezpośrednio z pola zawiera dużą ilość zanieczyszczeń pochodzenia organicznego (plewy, kawałki słomy, nasiona chwastów) oraz zanieczyszczeń nieorganicznych (piasek, kamyczki, grudki ziemi, zanieczyszczenia metaliczne). Czystość jest jednym z ważniejszych kryteriów oceny jakości ziarna pszenicy. Jest ona oceniana na etapie skupu ziarna, odgrywa ważną rolę zarówno w czasie przechowywania, jak i w procesie przerobu ziarna [Jurga 1994]. W ostatnich latach prowadzone są badania mające na celu poszukiwanie nowych metod oceny jakości ziarna zbóż. Tukiendorf i in. [2006] oraz Szwedziak [2007] wykazali, że do oceny zanieczyszczeń występujących w masie zbożowej, oprócz metod standardowych, można zastosować komputerową analizę obrazu. W niniejszej pracy podjęto podobne badania z wykorzystaniem metody emisji akustycznej.

Cel badań

Celem pracy było określenie możliwości zastosowania metody emisji akustycznej do wykrywania zanieczyszczeń ziarna pszenicy.

Materiał i metodyka badań

Materiał badawczy stanowiło oczyszczone ziarno pszenicy ozimej odmian Bogatka i Finezja. Do ziarna pszenicy dodawano zanieczyszczenia pochodzące z czyszczarni pszenicznego młyna przemysłowego: złot z sita piaskowego wialni zbożowej (bardzo drobne słabo wykształcone ziarno, pokruszone kawałki ziarna, drobne nasiona traw i chwastów) oraz odpady z tryjera okrągłozarnowego (nasiona kłokolu polnego, przytuli czepnej, połówki ziarna). Dodatek zanieczyszczeń wynosił 2, 5 i 8%.

Przed badaniem materiał poddano kondycjonowaniu w higrostatkach o stałej aktywności wody wynoszącej 0,232. W materiale przed i po procesie kondycjonowania oznaczono aktywność wody (w urządzeniu Rotronic Hygroskop DT o dokładności $\pm 0,001$) oraz zawartość wody (zgodnie z Polską Normą PN-93/A-74012).

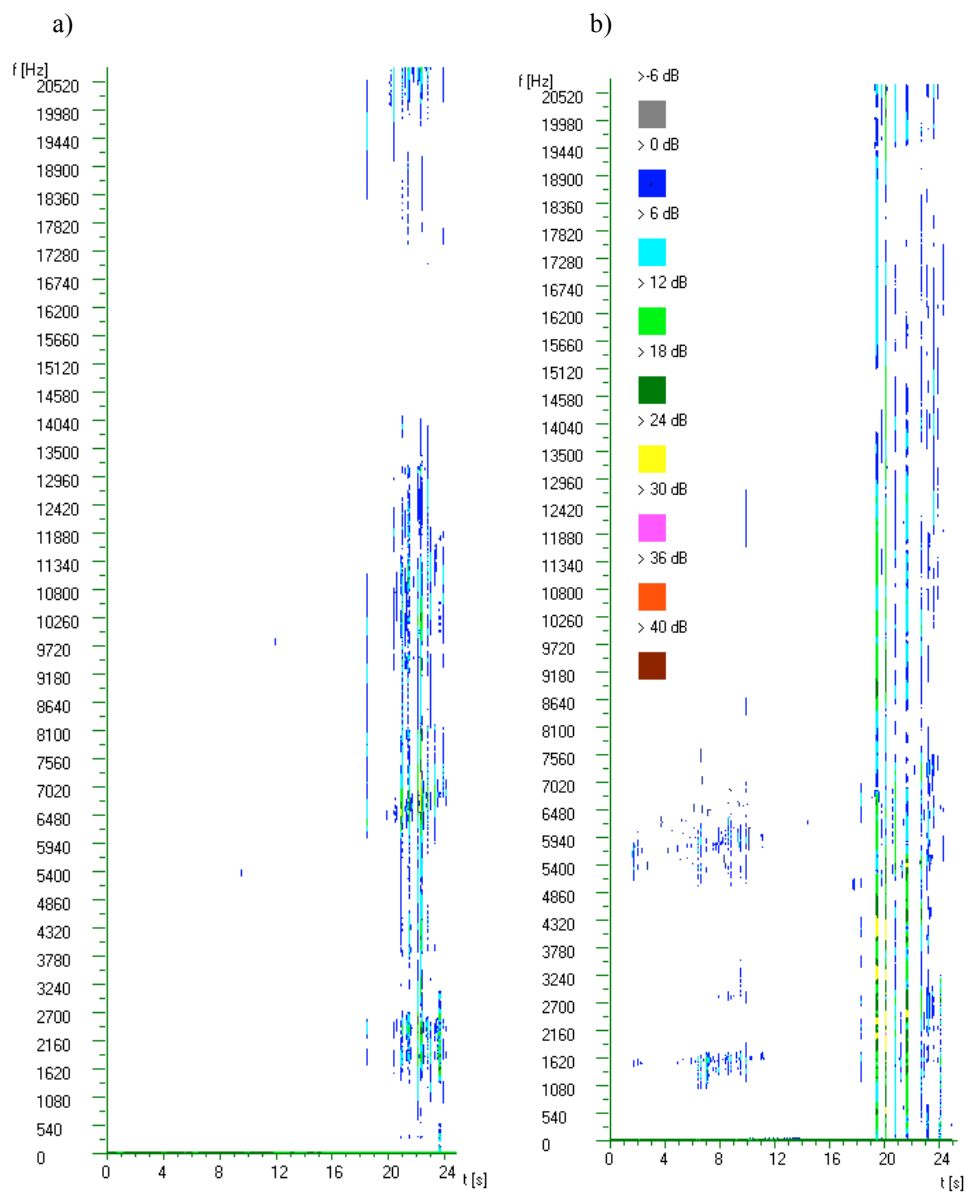
Testy ściskania przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445 (Zwick GmbH). Ziarno pszenicy umieszczano w cylindrze pomiarowym o średnicy 45 mm i odkształcano o 10% początkowej wysokości z prędkością $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ zastosowano parametry odkształcania złoza opracowane w trakcie badań wstępnych. Cylinder był wypełniany ziarnem do wysokości 40 mm, przed badaniem próby ważono na wadze Axis – typ AM 500 (z dokładnością do 0,01 g). Wpływ prędkości kompresji złoza analizowano w pracy Gondek i in. [2009]. Akcelerometr piezoelektryczny typu 4507B V firmy Bruel&Kjaer, zamontowany pomiędzy tłokiem obciążającym złoze a głowicą maszyny wytrzymałościowej, rejestrował drgania mechaniczne, związane z tarciem cząstek złoza, propagujące do powierzchni materiału. Badania przeprowadzono na próbach oczyszczonego ziarna pszenicy oraz ziarna z dodatkiem zanieczyszczeń, wykonując dla każdego wariantu 10 powtórzeń. Emisję akustyczną rejestrowano za pomocą karty przetwarzania analogowo-cyfrowego firmy Adlink (typ 9112, częstość próbkowania 44,1 kHz). Sygnał akustyczny był zamieniany na postać cyfrową, widmo zostało uzyskane metodą przekształcenia Fouriera, w wyniku którego uzyskano prążki symbolizujące przedziały częstotliwości (użyte oprogramowanie pozwala na uzyskanie prążków o selektywności większej niż 40db). Zastosowano filtr górnoprzepustowy, tłumiący dźwięki poniżej 1kHz o oknie prostokątnym. Obliczenia i analizę wyników przeprowadzono przy użyciu programów: Excel 2007 oraz programów do analizy dźwięku, według procedur omówionych przez autora stosowanej techniki Ranachowskiego [2008].

Wnioskowanie statystyczne przeprowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 5\%$, korzystano z programu statystycznego Statgraphics Plus 4.1, do porównania średnich stosowano test Tukey'a.

Omówienie wyników badań

Emisja akustyczna masy ziarna pszenicy poddawanego kompresji różniła się od dźwięków generowanych podczas ściskania pojedynczych ziarniaków, a jej głównym źródłem było tarcie powodowane przez przemieszczanie się cząstek w złożu. Podczas ściskania materiałów o niewielkich rozmiarach w masie obserwuje się trzy etapy procesu: usuwanie powietrza ze złoza – zagęszczanie materiału, niszczenie materiału i ściskanie rozdrobionych elementów próby [Nuebel, Peleg 1993]. Rysunki 1a i 1b przedstawiają akustogramy zarejestrowanej emisji akustycznej. Akustogramy to wykresy w układzie trzech zmiennych: na osi poziomej przedstawiono krótkie odcinki czasu, w których sygnał jest rozdzielany na

składniki częstotliwościowe, na osi pionowej przedstawiono częstotliwości składowe, a natężenie barwy prążka odpowiada chwilowej wartości gęstości widmowej.



Rys. 1. Akustogramy zarejestrowanego dźwięku: a – ziarno oczyszczone, b – ziarno z 5% dodatkiem zanieczyszczeń

Fig. 1. Acoustograms of registered acoustic emission: a – grain without impurities, b – grain containing 5% of impurities

Analiza emisji akustycznej towarzyszącej odkształcaniu masy ziarna pszenicy (rys. 1a) wskazuje, że dźwięki z zakresu częstotliwości słyszalnych dla człowieka pojawiły się po około 17-18 sekundach (przy średnim odkształceniu rzędu 7%). Pierwszy etap procesu kompresji masy ziarna – usuwanie powietrza i zagęszczanie w masie ziarna pozbawionego zanieczyszczeń przebiegał w sposób cichy. Brak emisji dźwięku w początkowej fazie odkształcania masy ziarna obserwowano również w pracy Gondek i in. [2010]. Podczas kompresji masy ziarna z dodatkiem zanieczyszczeń, nie obserwowano fazy cichej procesu, już w 2-3 sekundzie kompresji rejestrowane były dźwięki o słabej energii o częstotliwościach z zakresu 1-2 kHz i 4-7 kHz (rys. 1b). Obserwowany efekt wynikał najprawdopodobniej z faktu, że zanieczyszczenia, które miały niewielkie wymiary, wypełniały w złożu puste przestrzenie pomiędzy ziarnami, powodując ograniczenie tzw. efektu amortyzacji związanego z reorientacją cząstek względem siebie i wypychaniem powietrza ze złoża.

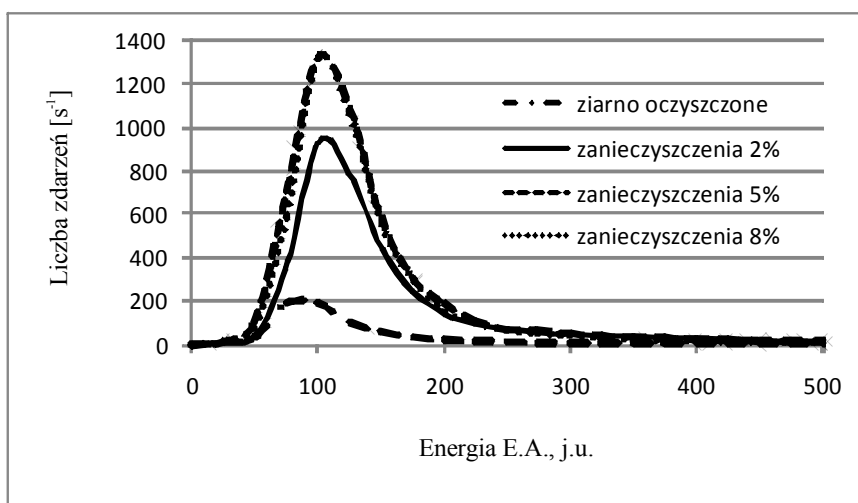
Deskryptory dźwięku zarejestrowanego podczas odkształcania masy ziarna pszenicy przedstawiono w tabeli 1. Dodatek zanieczyszczeń do masy ziarna spowodował istotny statystycznie wzrost liczby zarejestrowanych zdarzeń EA w stosunku do ziarna oczyszczonego. W przypadku dodatku do masy ziarna zanieczyszczeń drobnych pochodzących z sita piaskowego wialni zbożowej liczba zdarzeń wzrosła prawie 4-krotnie, w ziarnie zanieczyszczonym odpadami z tryjera okrągłozarnowego odnotowano ponad 2-krotny wzrost liczby zdarzeń EA. Dodatek zanieczyszczeń nie wpływał na amplitudę rejestrowanych dźwięków, natomiast średnia energia rejestrowanych zdarzeń EA była wyższa w ziarnie zawierającym zanieczyszczenia z tryjera okrągłozarnowego. Dodatek zanieczyszczeń do masy ziarna pszenicy wpływał istotnie na przebieg krzywych rozkładu zdarzeń EA względem ich energii (rys. 2). Maksimum liczby zdarzeń obserwowano przy energii dźwięku wynoszącej około 100 j.u. Całkowita liczba zdarzeń EA o tej energii zarejestrowana w masie ziarna oczyszczonego nie przekraczała 200. W przypadku dodatku zanieczyszczeń obserwowano istotny wzrost liczby zdarzeń o wysokiej energii. W przypadku zdarzeń o energii 100 j.u. dodatek zanieczyszczeń w ilości 2% powodował wzrost liczby zdarzeń do 930, a przy 5 i 8 % dodatku liczba zdarzeń nie różniła się istotnie i wynosiła średnio 1326.

Tabela 1. Wybrane deskryptory dźwięku ziarna oczyszczonego i z dodatkiem zanieczyszczeń
Table 1. Selected acoustic descriptors of purified grain and grain with impurities

Deskryptor EA	Ziarno oczyszczone	Ziarno zanieczyszczone					
		dodatek zanieczyszczeń z sita piaskowego wialni zbożowej			dodatek zanieczyszczeń z tryjera okrągłozarnowego		
		2%	5%	8%	2%	5%	8%
Średnia energia zdarzenia EA [mV]	775a	779a	846ab	726a	778a	961b	967b
Amplituda [mV]	257a	254a	254a	219a	278ab	309b	315b
Liczba zdarzeń EA [s ⁻¹]	82a	307d	338d	307d	181b	233c	219c

Wartości średnie oznaczone tą samą małą literą w wierszach nie różnią się między sobą statystycznie istotnie przy $\alpha = 0,05$ Mean values followed by the same small letter (in the lines) do not differ significantly at $\alpha = 0.05$.

Dodatek zanieczyszczeń do masy ziarna pszenicy wpływał istotnie na przebieg krzywych rozkładu zdarzeń EA względem ich energii (rys. 2). Maksimum liczby zdarzeń obserwowano przy energii dźwięku wynoszącej około 100 j.u. Całkowita liczba zdarzeń EA o tej energii zarejestrowana w masie ziarna oczyszczonego nie przekraczała 200. W przypadku dodatku zanieczyszczeń obserwowano istotny wzrost liczby zdarzeń o wysokiej energii. W przypadku zdarzeń o energii 100 j.u. dodatek zanieczyszczeń w ilości 2% powodował wzrost liczby zdarzeń do 930, a przy 5 i 8 % dodatku liczba zdarzeń nie różniła się istotnie i wynosiła średnio 1326.



Rys. 2. Rozkład zdarzeń EA pod względem ich energii
Fig. 2. Distribution of acoustic events as regards their energy

Podsumowanie

Zastosowana w pracy metoda akustyczna może być stosowana do oceny zanieczyszczenia ziarna pszenicy. Ziarno zawierające drobne zanieczyszczenia podczas obciążania w masie emitowało dźwięki już przy bardzo niskich odkształceniach złoża. Liczba rejestrowanych zdarzeń EA ziarna zanieczyszczonego była prawie 4-krotnie większa niż ziarna oczyszczonego. Uzyskane w pracy wyniki należy jednak zweryfikować na większej liczbie odmian pszenicy, a badania akustyczne przeprowadzić z zastosowaniem akcelerometru o wyższej czułości i węższym zakresie częstotliwości – przypadającym na zakres 1-8 kHz.

Bibliografia

- Gondek E., Jakubczyk E., Cacak-Pietrzak G. 2009. Właściwości akustyczne wybranych odmian pszenicy ozimej. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego 1. s. 53-56.
Gondek E., Jakubczyk E., Cacak-Pietrzak G. 2010. Emisja akustyczna masy ziarna o zróżnicowanej aktywności wody. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Nr 20(1). s. 50-54.

- Nuebel C., Peleg M.** 1993. Compressive stress-strain relationships of two puffed cereals in bulk. *Journal of Food Science*, 58. pp. 1356-1374.
- Jurga R.** 1994. Przetwórstwo zbóż. Cz.I. WSzP. Warszawa. ISBN 83-02-05448-8.
- PN-93/A-74012: 1993. Ziarno zbóż i przetworów zbożowych – oznaczanie wilgotności (podstawowa metoda odwoławcza).
- Ranachowski Z.** 2008. Emisja akustyczna w badaniach żywności. W: Jakość i bezpieczeństwo żywności. Wyd. SGGW. Warszawa. ISBN 978-83-7583-056-9.
- Szwedziak K.** 2007. Zastosowanie technik informatycznych do oceny zanieczyszczeń w magazynowanym ziarnie. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9 (97). s. 219-223.
- Tukiendorf M., Szwedziak K., Sobkowicz J.** 2006. Określenie czystości ziarna konsumpcyjnego za pomocą komputerowej analizy obrazu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12 (87). s. 519-525.

Praca finansowana w ramach grantu nr N312 1588 34 MNiSW w latach 2008-2010

THE ASSESSMENT OF POSSIBILITIES TO APPLY THE ACOUSTIC EMISSION METHOD TO DETECT WHEAT GRAIN IMPURITIES

Abstract. The purpose of this work was to determine the possibilities to apply the acoustic emission method to detect grain impurities. The research involved examination of acoustic emission generated during compression of purified grain and grain with impurities. The following values were determined: acoustic energy, sound amplitude and total number of acoustic events. It has been proven that compression of contaminated grain is accompanied by an intense acoustic emission. At the same time, the number of acoustic events registered for grain with impurities is few times higher than for impurity-free grain.

Key words: wheat, acoustic emission, impurities

Adres do korespondencji:

Ewa Gondek; e-mail: ewa_gondek@sggw.pl
Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159C
07-878 Warszawa