

Agata Marzec, Piotr Lewicki, Zbigniew Ranachowski*
Katedra Inżynierii Żywności I Organizacji Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
*Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie

OPIS EMISJI AKUSTYCZNEJ PIECZYWA CHRUPKIEGO

Streszczenie

Celem pracy była analiza i opis emisji akustycznej pieczywa chrupkiego ekstrudowanego i wypiekanego tradycyjnie. Stwierdzono, że na jakość emitowanego dźwięku w większym stopniu wpływa technologia wytwarzania pieczywa chrupkiego niż jego skład chemiczny. Wyznaczono współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej sygnału akustycznego i stwierdzono, że wartości jego zależą od sposobu produkcji pieczywa chrupkiego. Aktywność wody wpływa na współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej i liczbę zdarzeń emisji akustycznej.

Słowa kluczowe: emisja akustyczna, pieczywo chrupkie, aktywność wody

Wprowadzenie

Dźwięki generowane w trakcie kruszenia produktów spożywczych od półwiecza są obiektem zainteresowania technologów żywności. Dwa tematy związane z tymi badaniami wciąż czekają na satysfakcjonujące opracowanie. Pierwszy z nich to identyfikacja produktu na podstawie analizy sygnału akustycznego generowanego przez ten produkt, natomiast drugim zagadnieniem jest kwestia czy za pomocą analizy generowanego sygnału akustycznego można wykryć zmiany tekstury konkretnego produktu powstające bądź to w wyniku jego przechowywania bądź w wyniku modyfikacji metody produkcji.

Emisja akustyczna generowana podczas niszczenia suchych produktów zbożowych jest ważnym składnikiem cech określanych jako chrupkość czy kruchość. Zgodnie z klasyfikacją rodzajów tekstury, na podstawie widmowych charakterystyk otrzymanych w wyniku gryzienia (emitowanego dźwięku) produkty chrupkie podzielono na chrupkie (crunchy), kruche (crispy) i trzaskające (crackly) [Dacremont 1995].

Badania Marzec i in. [2002, 2003] wykazały, że pomiary chrupkości produktów powinny być przeprowadzane w zakresie do około 15 kHz. Lewicki i in. [2004] wykazali, że produkty chrupkie takie jak ekstrudowane pieczywo chrupkie, krakersy, herbatniki i płatki kukurydziane emitują dźwięki w zakresie częstotliwości od 1 do 15 kHz. Ponadto stwierdzono, że każdy produkt posiada swoją własną charakterystykę widmową.

Celem pracy była analiza widm akustycznych pieczywa chrupkiego ekstrudowanego i wypiekanego tradycyjnie. Określono wpływ aktywności wody na współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej i liczbę zdarzeń emisji akustycznej.

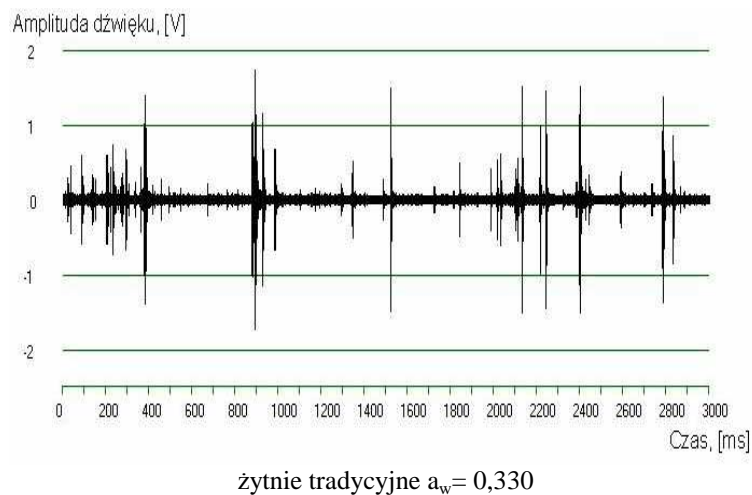
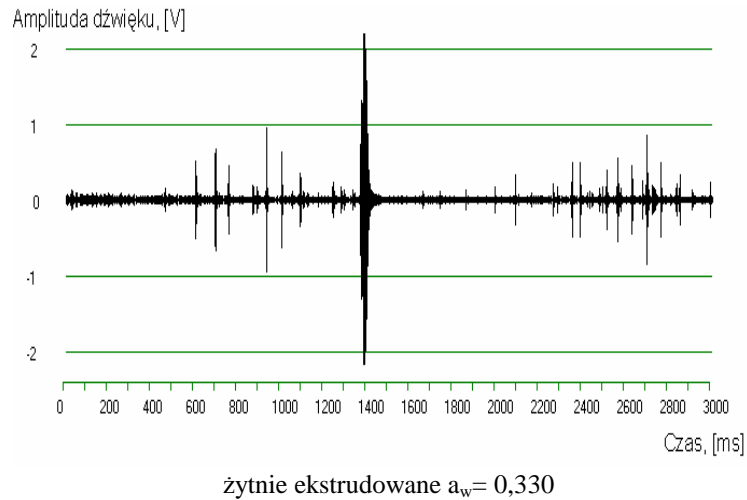
Metodyka

Próbki pieczywa chrupkiego ekstrudowanego pszennego i żytniego oraz tradycyjnego żytniego przechowywano w eksykatorach o różnej wilgotności względnej powietrza. We wszystkich badanych próbkach oznaczono aktywność wody (a_w) za pomocą higrometru Hygroskop DT 2 firmy Rotronic. Próbki pieczywa po osiągnięciu stanu równowagi z otoczeniem były poddane procesowi łamania za pomocą maszyny wytrzymałościowej Zwick 1445 z prędkością 20 mm/min. Pomiary emisji akustycznej wzbudzonej wskutek działania mechanicznych naprężeń powstałych podczas łamania produktów wykonano za pomocą akcelometru piezoelektrycznego typu 4381V firmy Brüel&Kjær. Sensor pomiarowy umożliwiał rejestrację sygnału emisji akustycznej w paśmie częstotliwości od 0,001 do 15000 Hz. Obliczono energię zarejestrowanego sygnału akustycznego w jednostkach umownych [Marzec i in. 2002].

Na podstawie wykresów amplitudowo-czasowych wyznaczono ilość impulsów odpowiadających pękaniu próbek pieczywa (rys.1). Impulsy w nomenklaturze akustycznej są nazwane zdarzeniami emisji akustycznej (acoustic emission events). Liczbę zdarzeń emisji akustycznej obliczono za pomocą programu komputerowego Policz dla Windows XP [Ranachowski 2005]. Analizowano widma akustyczne w zakresie częstotliwości 1-15 kHz oraz wpływ aktywności wody na współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej. Współczynnik ten wyznaczono jako iloraz energii sygnału w paśmie wysokich częstotliwości do energii sygnału w paśmie niskich częstotliwości charakterystycznych dla danego pieczywa [Marzec i in. 2002].

Wyniki

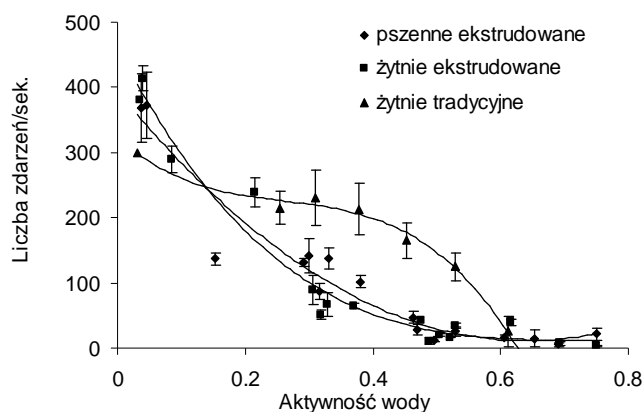
Na podstawie wykresów amplitudowo-czasowych, prezentowanych na rysunku 1 stwierdzono, że badane próbki pieczywa ekstrudowanego i wytwarzanego tradycyjnie pod względem energii skutecznej sygnału emisji akustycznej różnią się nieznacznie.



Rys. 1. Charakterystyki amplitudowo-czasowe pieczywa chrupkiego
Fig.1. Relationship between amplitude and time for crisp bread

Bardziej szczegółowa analiza zapisu zdarzeń emisji akustycznej pozwala na określenie liczby zdarzeń emisji akustycznej. Przy zastosowaniu odpowiedniego oprogramowania komputerowego można wyróżnić dominujące pod względem ilościowym krótkie impulsy o czasie trwania około 88 mikrosekund i zbliżonej amplitudzie, które następując szybko po sobie formują charakterystyczny „chrupki” dźwięk.

W analizowanych produktach liczba zdarzeń i intensywność dźwięku maleje ze wzrostem aktywności wody produktu (rys. 2). Spadek intensywności emisji akustycznej wynika ze zróżnicowanego rozkładu naprężeń w produktach suchych i wilgotnych [Lewicki i in. 2002]. Wzrost zawartości wody i konsekwencja tego procesu, powoduje rozproszenie energii sprężystej, co zmniejsza możliwość występowania kruchych pęknięć [Pliszko i in. 1995].

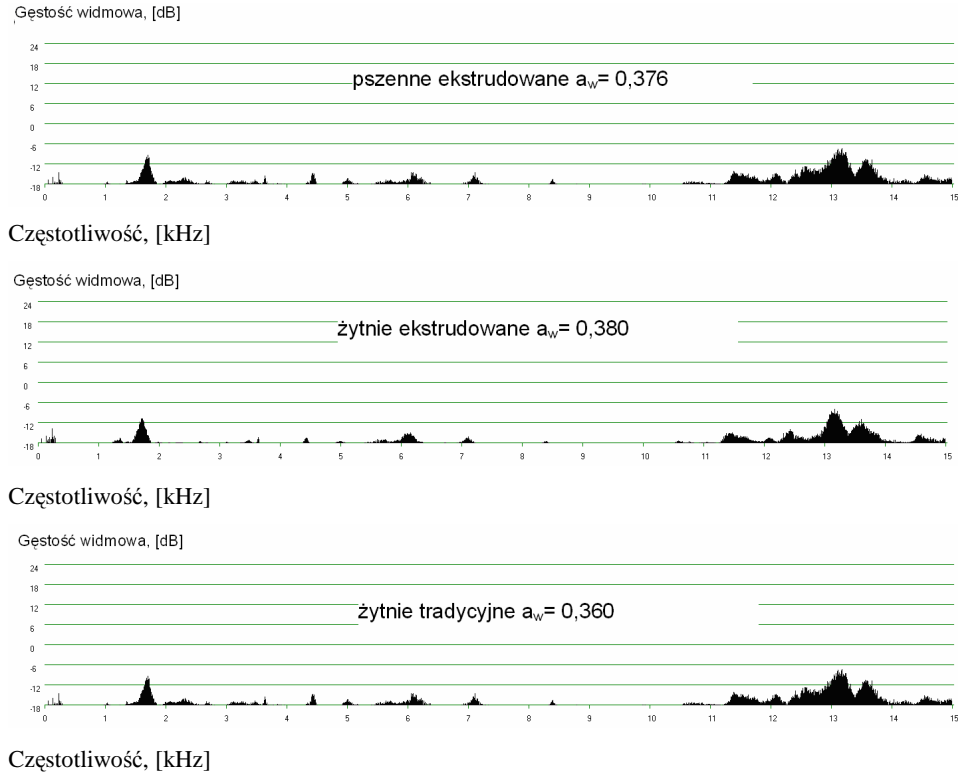


Rys. 2. Wpływ aktywności wody na liczbę zdarzeń emisji akustycznej w pieczywie chrupkim

Fig. 2. Effect of water activity on the acoustic emission events of crisp breads

Widma akustyczne produktów cechowały się występowaniem charakterystycznych pasm częstotliwości. Każdy badany produkt posiada swój własny profil częstotliwości. Dolne pasmo przypadało na przedział częstotliwości 1-3 kHz dla pieczywa chrupkiego ekstrudowanego pszennego i żytniego, górne odpowiednio na 12-15 kHz. Pieczywo żytnie wypiekane tradycyjnie emitowało dźwięk o częstotliwości 2-8 kHz i 13-14 kHz (rys. 3).

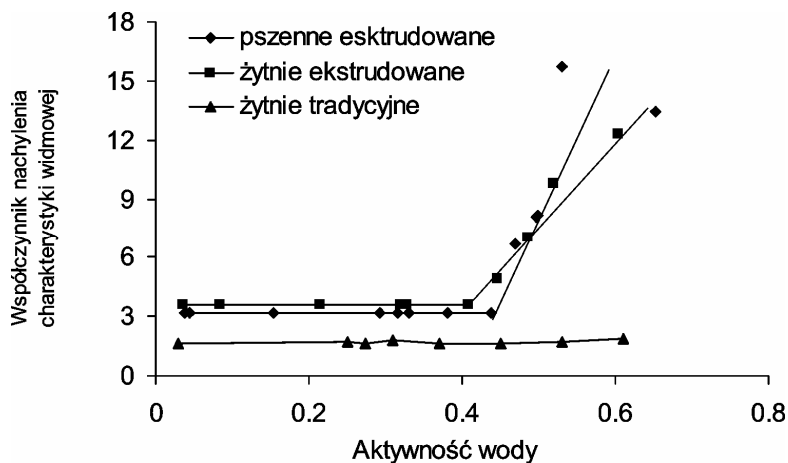
Energia sygnału emisji akustycznej w obrębie podanych wyżej przedziałów częstotliwości zmienia się w funkcji aktywności wody badanych próbek. Charakter propagacji fal sprężystych w paśmie 1 kHz i powyżej 10 kHz jest odmienny, ponieważ długość propagowanych fal różni się o rząd wielkości. Efekt ten sprawia, że tłumienie fal o różnej długości jest również odmiennie. W próbkach suchych lepiej propagują fale o niższej częstotliwości natomiast w próbkach uplastycznionych o wysokiej aktywności wody, fale o wyższych częstotliwościach.



Rys. 3. Widma akustyczne pieczywa chrupkiego
Fig.3. Acoustic emission signal spectral characteristic of crisp breads

Uzyskane wyniki wskazują, że na jakość emitowanego dźwięku przez pieczywo chrupkie większy wpływ ma jego technologia produkcji niż skład chemiczny, o czym świadczą przedstawione charakterystyki widmowe oraz współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej (rys. 4).

Analiza danych (rys. 4) pokazuje, że współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej dla pieczywa ekstrudowanego statystycznie nie zależy od aktywności wody w przedziale $0 < a_w < 0,4$. W wyższych aktywnościach wody współczynnik rośnie wraz ze wzrostem wilgotności materiału. Oznacza to, że przy $a_w > 0,4$ propagacja fal o wysokiej częstotliwości jest znacznie lepsza niż fal o niskiej częstotliwości. Nie zaobserwowano takiego zjawiska w przypadku pieczywa żytniego produkowanego metodą tradycyjną. Prawdopodobnie przyczyną tego jest różna struktura badanych produktów.



Rys. 4. Wpływ aktywności wody na współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej pieczywa chrupkiego

Fig. 4. Effect of water activity on the partition power spectrum of crisp breads subjected to breaking

Wnioski

1. Na jakość emitowanego dźwięku w większym stopniu wpływa technologia wytwarzania pieczywa chrupkiego niż jego skład chemiczny. Wyraża się to głównie odmiennym profilem częstotliwości.
2. Pomiar emisji akustycznej w badanych produktach wykazały wpływ aktywności wody na liczbę zdarzeń emisji akustycznej.
3. Współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej sygnału akustycznego również zależy od sposobu produkcji pieczywa chrupkiego. W przypadku pieczywa ekstrudowanego nie zmienia się on z aktywnością wody do $a_w \approx 0,4$, a następnie rośnie ze wzrostem wilgotności pieczywa. Współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej sygnału akustycznego nie zależy od aktywności wody do $a_w \approx 0,6$ w pieczywie chrupkim wypiekanym metodą tradycyjną.

Bibliografia

Decremont C. 1995. Spectral composition of eating sounds generated by crispy, crunchy and crackly foods. *J. Texture Studies*, 26 (1), 27-43.

Lewicki P., Marzec A., Ranachowski Z., Dębowski T. 2002. Spectral characteristic of acoustic signals emitted by flat rye bread samples. XLIX Otwarte Seminarium Akustyki 2002, Druk: „Sowa”, Warszawa, s. 453-458.

Lewicki P.P., Marzec A. Ranachowski Z. 2004. Acoustic properties of crunchy products. 3rd International Workshop on Water in Food. 29th – 30th March 2004. Lausanne, Switzerland, płyta CD.

Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., Dębowski T. 2002. The influence of moisture content on spectral characteristic of acoustic signals emitted by flat bread samples. Proceedings of the AMAS Course on Nondestructive Testing of Materials and Structures. (eds. J. Deputat, Z. Ranachowski) Centre of Excellence for Advanced Materials and Structures. Warszawa. s. 127-135.

Marzec A., Lewicki P.P., Ranachowski Z., Dębowski T. 2003. Cereal food texture evaluation with application of mechanical and acoustical methods. Proceedings of the AMAS Course on Nondestructive Testing of Materials and Structures II. (eds. J. Deputat, Z. Ranachowski) s. 111-131 Centre of Excellence for Advanced Materials and Structure. Warszawa.

Poliszko S., Klimek D., Moliński W. 1995. Acoustic emission activity of rehydrated corn extrudates. Properties of Water in Foods. (ed. Lewicki P.P.), Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, 25-30.

Ranachowski Z. 2005. Instrumentation designed to investigate texture parameters of cereal food. Structures - waves - Human health. Acoustical Engineering. (ed. Pamuszka R.), Polish Acoustical Society, Division Kraków, Vol XIV, No1, s. 137-140.

Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2003-2006 (3 P06T 040 25)

Agata Marzec, Piotr Lewicki, Zbigniew Ranachowski

ANALYSIS OF ACOUSTIC EMISSION GENERATED BY FLAT CRISPY BREAD

Summary

Acoustic properties of flat crispy bread samples were investigated. Both wheat and rye flat extruded breads as well as flat rye bread produced by traditional method were subjected to breaking test. It was shown that the kind of material as well as manufacturing process affected acoustic properties of the final product. The partition power spectrum was the largest for flat extruded rye bread and the smallest for the rye bread produced by traditional method. Each product emitted sound during breaking and the acoustic spectrum energy was characteristic for the given product.

Key words: acoustic emission, crisp bread, water activity