

AGATA MARZEC, PIOTR P. LEWICKI, ALEKSANDRA PIETROWSKA

BADANIE PROCESU CZERSTWIENIA PIECZYWA METODĄ EMISJI AKUSTYCZNEJ

Streszczenie

Celem pracy była próba zastosowania metody emisji akustycznej w badaniu czerstwienia pieczywa. Analizowano właściwości akustyczne chleba mieszanego i pszennego świeżego oraz przechowywanego w temperaturze 25°C i wilgotności względnej powietrza wahającej się od 25 do 30%. Badania akustyczne przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445 wyposażonej w akcelerometr piezoelektryczny do rejestracji dźwięku w zakresie częstotliwości od 1 do 15 kHz. Testy penetracji wykonano przy prędkości 1 mm/s do zagłębienia się próbnika w produkt na głębokość 20 mm. Wilgotność mierzono w skórce i miększu. Badano strukturę skórki i miększu pieczywa za pomocą mikroskopu skaningowego.

Wilgotność skórki i miększu zmniejszała się w czasie przechowywania. Stwierdzono wyraźne różnice jakości chleba pszennego i mieszanego. W miarę postępowania procesu czerstwienia nasilała się emisja akustyczna badanych produktów. Pieczywo pszenne generowało sygnał akustyczny o znacznie niższej energii niż mieszane. Chleb pszenny emitował sygnał akustyczny tylko w paśmie niskich częstotliwości od 2 do 6 kHz, natomiast mieszany w dwóch pasmach od 2 do 5 kHz i od 13 do 14 kHz. Metoda emisji akustycznej może być stosowana do badania procesu czerstwienia. Oba rodzaje chleba charakteryzowały się odmienną strukturą skórki i miększu. Proces czerstwienia jest ściśle związany z czasem przechowywania.

Słowa kluczowe: czerstwienie, chleb, emisja akustyczna, aktywność wody (a_w)

Wprowadzenie

Ogół zmian zachodzących w pieczywie po wypieku nazwany jest czerstwieniem. Mechanizm tego procesu jest bardzo skomplikowany i nawet obecnie nie jest całkowicie poznany. Proces ten związany jest z retrogradacją skrobi oraz z redystrybucją wody w czasie przechowywania, co powoduje niekorzystne zmiany sensoryczne chleba [7]. W świeżym pieczywie, tuż po wypieku, skrobia jest skleikowana. Podczas schładzania i przechowywania chleba zmniejsza się rozpuszczalność cząstek skrobi, które wykazują wówczas tendencje do tworzenia agregatów, czyli rejonów krystalicznych [8]. Two-

Dr inż. A. Marzec, prof. dr hab. P. P. Lewicki, mgr inż. A. Pietrowska, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159 C, 02 – 776 Warszawa

rzają się siatki żelowe z cząsteczek polisacharydów. Formowanie żelu jest zapoczątkowane tworzeniem się krystalicznych miceli zbudowanych z cząsteczek zarówno amylozy, jak i amylopektyny, które łączą się ze sobą poprzez wiązania wodorowe. W miarę postępowania procesu „starzenia” się pieczywa tworzą się w nim coraz większe rejony krystaliczne, żel kurczy się, twardnieje i wydziela się woda. Całą grupę zjawisk zachodzących podczas przechowywania kleiku czy żelu, a polegających na tworzeniu się wiązań między cząsteczkami skrobi i prowadzących do wzrostu krystaliczności nazywa się retrogradacją [2]. Amyloza retrograduje łatwo już we wczesnym stadium przechowywania, po czym w sposób ciągły i dużo wolniej retrograduje amylopektyna [11].

Szybkość czerstwienia chleba zależy od wielu czynników wynikających z procesu technologicznego oraz warunków przechowywania. Zmiany wynikające z procesu technologicznego związane są z rodzajem pieczywa, z jakością użytej mąki oraz dodatków do ciasta [8]. Świeże pieczywo charakteryzuje się elastyczną chrupiącą skórką oraz miękkim ściśliwym mięksizem. W czasie przechowywania skórka staje się miękka i matowa, mięksiz twardy, suchy i kruszący się.

Istnieje wiele metod pozwalających określić stopień świeżości pieczywa, jednak są one kosztowne i czasochłonne [1]. W ostatnich latach zwrócono uwagę na dźwięki jakie towarzyszą gryzieniu kromki świeżego chleba. W przypadku pieczywa świeżego za emisję akustyczną odpowiedzialna jest jedynie chrupiąca skórka, w miarę postępowania procesu czerstwienia chleba mięksiz twardnieje, staje się bardziej kruchy i przyczynia się do emisji dźwięków [11].

Celem pracy była próba zastosowania metody emisji akustycznej w badaniu czerstwienia pieczywa. Analizowano właściwości akustyczne chleba mieszanego i pszenego świeżego oraz przechowywanego.

Material i metody badań

Material do badań stanowiło pieczywo pszenne (bułka wrocławska) i mieszane (chleb baltonowski) pochodzące z piekarni „Stachula”. Pieczywo zostało wypieczone w specjalnych formach, w jednakowych warunkach w celu ułatwienia przeprowadzenia badań właściwości akustycznych produktu. Badania wykonano na całych bochenkach chleba pszenego i mieszanego świeżego oraz przechowywanego w temp. 25°C i wilgotności względnej powietrza wahającej się od 25 do 30%. Pieczywo świeże, jako próba kontrolna, było badane po około 4 h od wypieku. W skórce i mięksizu pieczywa oznaczano zawartość wody zgodnie z normą PN-A-74108 [9].

Właściwości akustyczne chleba mierzono w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445 wyposażonej w akcelerometr piezoelektryczny typu 4381 firmy Brüel&Kjær do rejestracji dźwięku w zakresie częstotliwości od 1 do 15 kHz. Wykonano testy penetracji, przy prędkości 1 mm/s do zagłębienia próbnika w produkt na głębokość 20 mm,

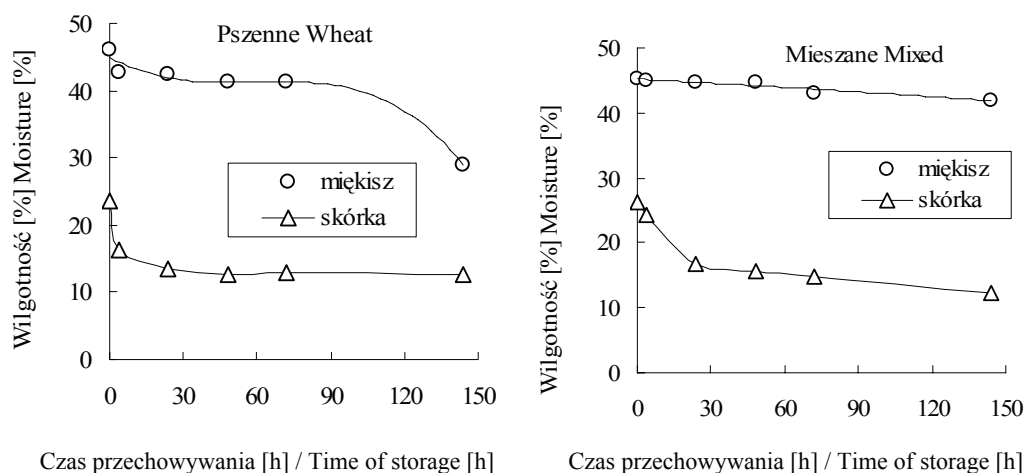
równocześnie rejestrując emisję akustyczną. Sygnał emisji akustycznej wzmacniano o 40 dB i analizowano 20-sekundowe próbki dźwięku.

Na podstawie wykresów amplitudowo-czasowych policzono energię zarejestrowanego dźwięku oraz wyznaczono gęstość widmową sygnału [10].

Badano strukturę skórki i miękiszu pieczywa za pomocą mikroskopu skaningowego XL30ESEM TNP Scanning Electron Mikroskope firmy Philips, przy powiększeniu 20x.

Wyniki i dyskusja

Przechowywaniu pieczywa w warunkach otoczenia towarzyszy proces przeniesienia masy. Wilgotność miękiszu chleba świeżego była znacznie większa niż skórki (rys. 1). Gradient wilgotności powoduje migrację wody z miękiszu do skórki produktu. Jednocześnie skórka traci wodę do otoczenia [4, 10].



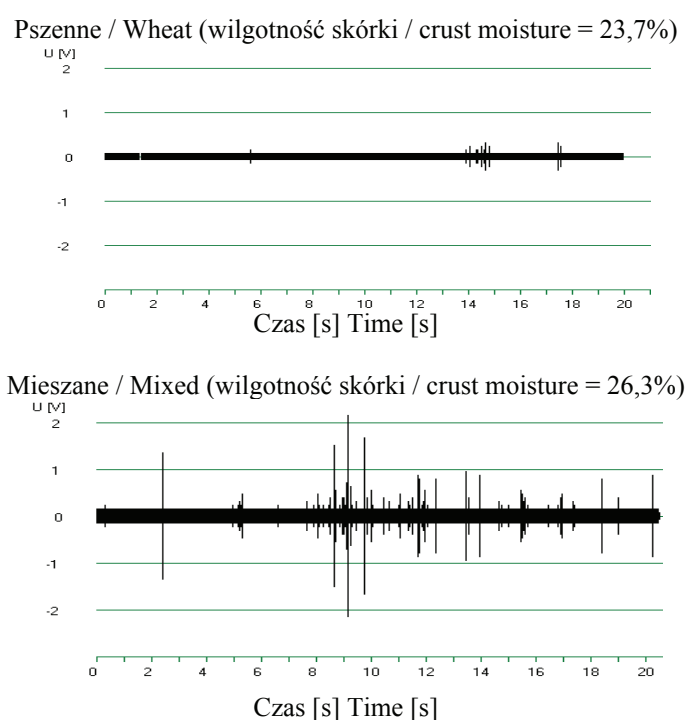
Rys. 1. Zmiany wilgotności pieczywa podczas przechowywania.

Fig. 1. Changes of moisture in bread during storage.

Wilgotność zarówno skórki, jak i miękiszu zmniejszała się w czasie przechowywania. Istotne zmiany w skórcie pieczywa pszenne wystąpiły już po 4 h przechowywania, a w chlebie mieszanym po 24 h (rys. 1). Różnice wynikały ze składu chemicznego i struktury badanych produktów, co spowodowało, że woda w chlebie pszennym była słabiej związana niż w mieszanym. W następstwie tego zaobserwowano większe zmiany wilgotności miękiszu pieczywa pszenne niż mieszanego (rys. 1).

Przy użyciu testów akustycznych wykazano istotne różnice jakości między pieczywem świeżym pszennym i mieszanym (rys. 2). Oba pieczywa różniły się amplitudą dźwięku (rys. 2) oraz energią dźwięku (rys. 3). Zaobserwowano, że podczas wykony-

wania testów pieczywo pszenne świeże ugięło się i nie emitowało dźwięku, dopiero w momencie przebicia skórki generowany był sygnał akustyczny oraz w wyniku tarcia próbnika o skórę. Natomiast pieczywo mieszane świeże już pod wpływem działania niewielkiej siły cały czas emitowało dźwięki, mimo że nie nastąpiło przebicie skórki. Obserwacje te potwierdzają charakterystyki amplitudowo-czasowe (rys. 2). Na uwagę zasługuje fakt, że skórka pieczywa pszennego, w przeciwieństwie do mieszanego, cechowała się mniejszą wilgotnością. Świadczy to, że skład chemiczny i struktura materiału w większym stopniu wpływają na emisję akustyczną tego typu produktów niż ich wilgotność.

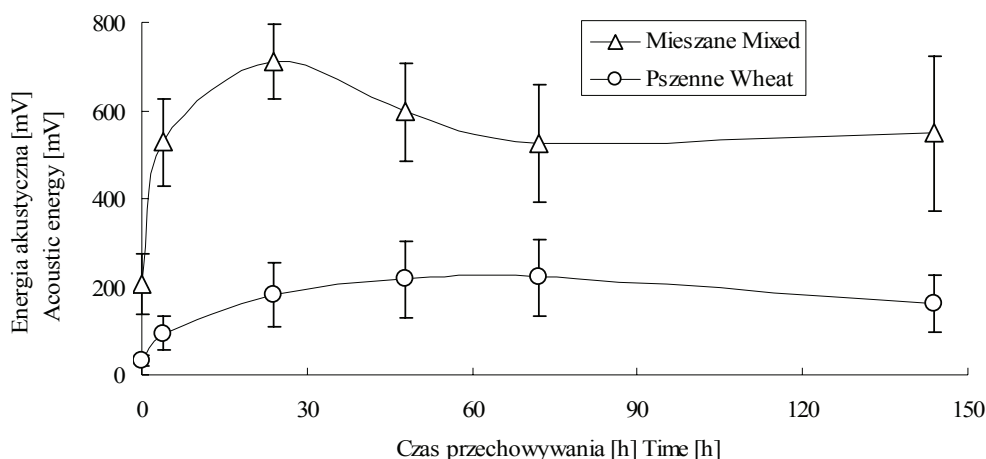


Rys. 2. Charakterystyki amplitudowo-czasowe dźwięku emitowanego podczas deformacji pieczywa świeżego.

Fig. 2. Amplitude-time characteristics of sounds emitted during deformation of fresh bread.

Pieczywo pszenne generowało sygnał akustyczny o znacznie niższej energii niż pieczywo mieszane (rys. 3). Całkowita energia dźwięku chleba świeżego pszennego była 4-krotnie niższa niż mieszanego. W miarę postępowania procesu czerstwienia nasilała się emisja akustyczna obu badanych produktów, a różnice w wartościach energii dźwięku zmniejszyły się około 3-krotnie (rys. 3). W czasie badań zmian zachodzących w pieczywie w procesie czerstwienia, stwierdzono, że za aktywność akustyczną

chleba świeżego odpowiedzialna była jedynie chrupiąca skórka, a w miarę czasu przechowywania, twardniejący miększ znacząco przyczynia się do emisji akustycznej.

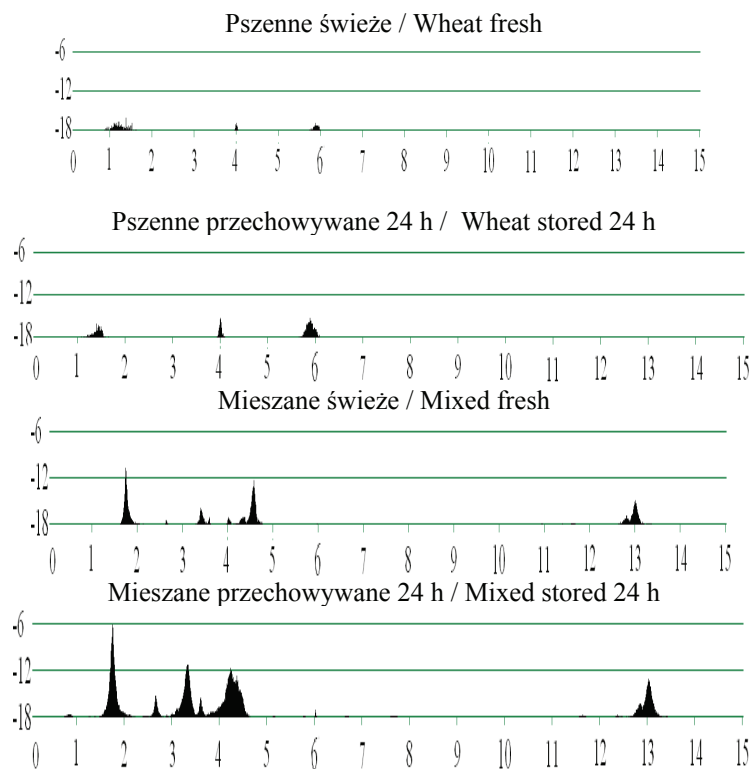


Rys. 3. Wpływ czasu przechowywania na energię dźwięku pieczywa.

Fig. 3. Effect of time of storage on acoustic energy emitted by breads.

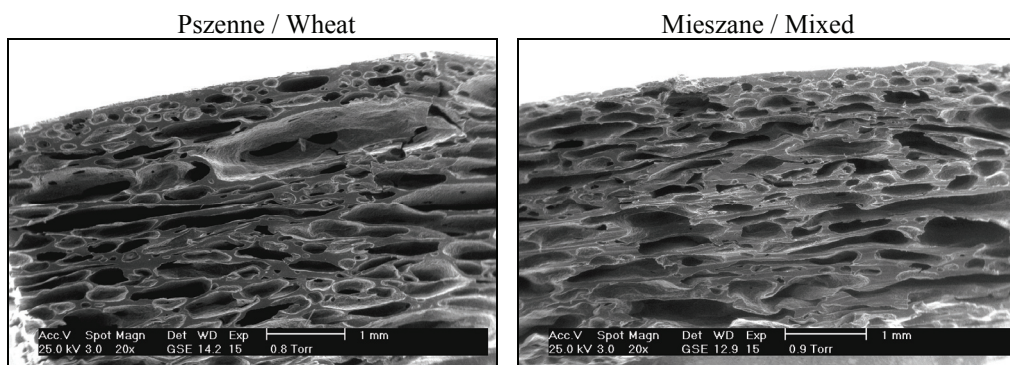
Chleb pszenne emitował dźwięki tylko w paśmie niskich częstotliwości od 2 do 6 kHz, natomiast mieszany generował sygnał akustyczny w dwóch pasmach częstotliwości od 2 do 5 kHz i od 13 do 14 kHz. Wraz z czasem przechowywania intensywność dźwięku rośnie. Największe wartości natężenia dźwięku próby pieczywa osiągały po 24 h przechowywania, jednak zakres generowanych częstotliwości dźwięku nie zmieniał się z czasem przechowywania (rys. 4).

Za mechaniczne zachowanie i sensoryczne postrzeganie produktów żywnościowych odpowiada ich fizyczna struktura [5]. Pieczywo pszenne i mieszane charakteryzowało się odmienną strukturą zarówno miększu, jak i skórki, a tym samym odmiennymi właściwościami akustycznymi opisanymi powyżej. Zdjęcia mikroskopowe struktury skórki i miększu badanych rodzajów pieczywa przedstawiają materiał o licznych porach powietrznych nierównomiernie rozmieszczonych, o różnej wielkości, i o różnych kształtach w zależności od rodzaju pieczywa (fot. 1 i 2). Podstawowa różnica w strukturze skórki i miększu to kształt przestrzeni powietrznych - porów. W skórce były one spłaszczone, podczas gdy w miększu miały przekrój powierzchni okrągły bądź owalny. Przestrzenie były podzielone ściankami różnej grubości, także zależnej od rodzaju pieczywa. Porowatość chleba zależała od jego gatunku i w przypadku chleba żytniego wynosiła 55-70%, a pszenne 73-83%. Chleb pszenne tworzy zazwyczaj pory większe i o większej ogólnej objętości niż chleb żytni [6].



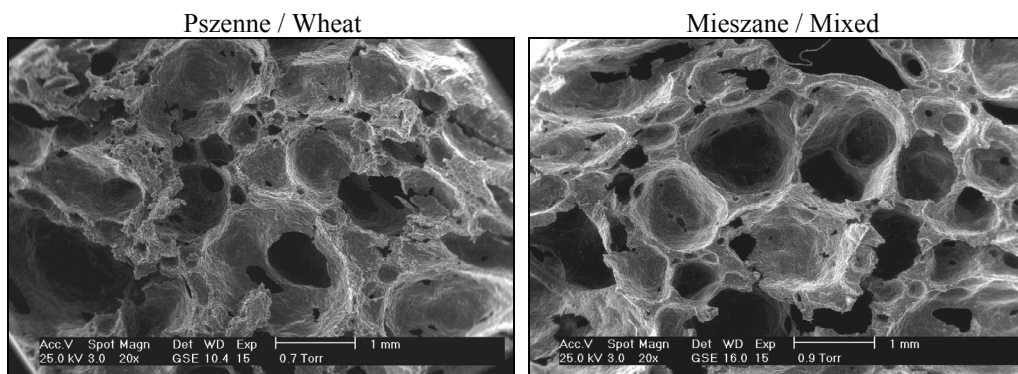
Rys. 4. Wpływ czasu przechowywania na widma akustyczne pieczywa (oś pozioma – częstotliwość [kHz], oś pionowa natężenie - [dB]).

Fig. 4. Influence of time of storage on acoustic emission signal spectral characteristics of bread (horizontal axis – frequency [kHz], vertical axis – sound intensity [dB]).



Fot. 1. Struktura skórki pieczywa.

Fot. 1. Structure of bread crust.



Fot. 2. Struktura miękiszu pieczywa.

Fot. 2. Structure of bread crumb.

Migracja wody z miękiszu do skórki przebiegała bardziej intensywnie w pieczywie pszenным, również parowanie wody ze skórki do otoczenia było większe w tym pieczywie. Jednak amplituda i energia dźwięku były wyższe w chlebie mieszanym. Spowodowane jest to różną strukturą materiałów, jak również ich składem chemicznym. Proces czerstwienia jest ściśle związany z okresem przechowywania. W pieczywie z udziałem mąki żytniej zmiany określone jako czerstwienie zachodzą wolniej niż w pieczywie pszenным. Zmiany te zależą od składu chemicznego, ale również od temperatury wypieku [3].

Wnioski

1. Aktywność akustyczna obu rodzajów chleba rosła w wyniku procesu czerstwienia. Pieczywo pszenne generowało sygnał akustyczny o znacznie niższej energii niż pieczywo mieszane. Za aktywność akustyczną chleba świeżego odpowiedzialna jest głównie chrupiąca skórka, a w miarę okresu przechowywania twardniejący miękisz znacząco przyczynia się do emisji akustycznej.
2. Pieczywo pszenne emitowało dźwięki tylko w paśmie niskich częstotliwości od 2 do 6 kHz, natomiast mieszane generowało sygnał akustyczny w dwóch pasmach częstotliwości od 2 do 5 kHz i od 13 do 14 kHz.
3. Metoda emisji akustycznej może być stosowana do kontroli procesu czerstwienia chleba.

Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2003-2006 (3 P06T 040 25). Praca była prezentowana podczas XXXVII Ogólnopolskiej Sesji Komitetu Nauk o Żywności PAN, Gdynia, 26 – 27.IX.2006.

Literatura

- [1] Ambroziak Z.: Produkcja piekarsko-ciastkarska. WSzIP. Warszawa 1988, cz. I, s. 36-37; cz. II, s. 90-93.
- [2] Gmbuś H., Gumul D.: Charakterystyka żeli sporządzonych ze skrobi wyodrębnionej z niedojrzałych zbóż. *Acta Sci. Pol. Technol. Alimentar.* 2004, **3 (1)**, 33-43.
- [3] Giovanelli G., Peri C., Borri V.: Effects of baking temperature on crumb – staling kinetics. *Cereal Chem.*, 1997, **74**, 710-715.
- [4] Gray J. A., Bemiller J.N.: Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive Rev. Food Sci. Food Safety*, 2003, **2**, 1-8.
- [5] Falcone P.M., Bajano A., Zanini F., Mamcini L., Tromba G., Montanari F., Del Nobile N.A.: A novel approach to the study of bread porous structure: phase contrast X – ray microphotography. *J. Food Sci.*, 2004, **69**, 38-43.
- [6] Jakubczyk T., Haber T. (red.): *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW - AR Warszawa 1983.
- [7] Szajewska A., Ceglińska A.: Czerstwienie pieczywa. *Przegl. Piek. Cuk.*, 2004, **3**, 6-7.
- [8] Stauffer C. E.: *Emulgatory*. WNT, Warszawa 2001, s. 87-107.
- [9] PN-A-74108: 1996. *Pieczywo. Metody badań*.
- [10] Ranachowski Z, Lewicki P.P., Marzec A.: Investigation of staling of bread using mechanical and acoustic methods. *Mat. Konf. 51. Otwartego Seminarium Akustyki*. Gdańsk 2004, s. 429-432.
- [11] Zang W., Jackson D.S.: Retrogradation behavior of wheat starch gels with differing molecular profiles. *J. Food Sci.*, 1992, **57**, 1428-1432.

STALING OF BREAD EVALUATION WITH APPLICATION OF ACOUSTICAL METHOD

S u m m a r y

The aim of this study was to analyze staling of wheat and mixed bread using acoustic method, and to recognize relationship between acoustic properties and the time of storage of both breads. Breads were stored at 25°C and RH 25-30%. Acoustic emission was measured during puncture test using piezoelectric accelerometer between 1-15 kHz frequency. Puncture test was done in Zwick Machine 1445 with velocity of 1 mm/s and to the depth of 20 mm. Moisture content in crust and crumb was measured with standard drying method. Structure of bread was analyzed with scanning microscopy.

Water content in crust and crumb of both breads decreased during storage, and the decrease was more pronounced in wheat bread. Acoustic emission increased during storage and was dependent on the kind of analyzed bread. Wheat bread emitted acoustic signal with frequency from 2 to 6 kHz, while mixed bread emitted acoustic signal in two bands, from 2 to 5 kHz and from 13 to 14 kHz. Both analyzed breads differed substantially in microscopic structure. It is concluded that acoustic emission can be used to assay staling of bread.

Key words: staling, bread, acoustic emission, water activity (a_w) 