

EWA GONDEK, AGATA MARZEC

## ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY WYBRANYMI WYRÓZNIKAMI TEKSTURY PIECZYWA CHRUPKIEGO WYZNACZONYMI INSTRUMENTALNIE I SENSORYCZNIE

### Streszczenie

Celem pracy była analiza zależności pomiędzy wybranymi wyróżnikami tekstury pieczywa chrupkiego oznaczonymi za pomocą metod instrumentalnych: testu ściskania i analizy emisji akustycznej oraz metod sensorycznych (ilościowa analiza opisowa). Test ściskania produktu przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445, z prędkością 20 mm/min, rejestrowano siłę niszczenia i emisję akustyczną (EA) metodą kontaktową za pomocą akcelerometru piezoelektrycznego typu 4381 firmy Brüel&Kjær. Spośród wyznaczonych deskryptorów EA energia dźwięku i liczba zdarzeń EA były silnie skorelowane z odpowiadającymi im odczuciami sensorycznymi, a współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej korelował z czasem trwania dźwięku. Wysoką korelację stwierdzono też pomiędzy współczynnikiem chrupkości a jakością ogólną pieczywa. Badane w pracy instrumentalne wyróżniki tekstury mogą zatem być stosowane do oceny jakości pieczywa chrupkiego.

**Słowa kluczowe:** pieczywo chrupkie, tekstura, właściwości mechaniczne, właściwości akustyczne

### Wprowadzenie

Ocena tekstury produktów spożywczych, szczególnie tych określanych jako kruche bądź chrupkie, w warunkach przemysłowych stwarza wiele trudności. Jako wieloparametrowa cecha, tekstura może być właściwie oceniona jedynie przez aparat zmysłowy człowieka. Metody analizy sensorycznej jednak mimo wielu zalet nie są odpowiednie do przeprowadzania rutynowych badań w warunkach przemysłowych.

Metody instrumentalne oceny tekstury produktów chrupkich dzielą się na metody mechaniczne i metody akustyczne, a najpełniejszą charakterystykę uzyskuje się, łącząc te pomiary [2]. Wykazano ponadto, że konieczna jest analiza korelacji mierzonych cech fizycznych produktu z ich odpowiednikami sensorycznymi w każdym badanym produkcie [12]. Mohamed i wsp. [11] badali korelacje pomiędzy sensorycznymi a aku-

stycznymi i mechanicznymi wyróżnikami tekstury produktów smażonych. Chaunier i wsp. [1] badali płatki kukurydziane, porównując uzyskane wyniki z wyróżnikami ocenianymi sensorycznie. Wykazali oni, że akustyczne wyróżniki tekstury płatków są ściśle skorelowane z sensorycznie postrzeganą kruchością. Podobnie Marzec i Gondek [8], analizując korelacje pomiędzy mechanicznymi i akustycznymi wyróżnikami tekstury krakersów, uzyskały wysokie współczynniki korelacji pomiędzy deskryptorami akustycznymi tekstury a jakością ogólną określoną sensorycznie. Wykazano również, że akustyczne właściwości badanych produktów są bardziej czułym instrumentem wykrywającym niekorzystne zmiany tekstury wywołane sorpcją wody przez materiał.

Celem niniejszej pracy była analiza zależności pomiędzy wyróżnikami tekstury pieczywa chrupkiego uzyskanymi metodami pomiarów instrumentalnych i oceny sensorycznej.

### **Materiał i metody badań**

Materiał badawczy stanowiło pieczywo chrupkie pszenne firmy Chaber, wyprodukowane metodą ekstruzji. Próbkę pieczywa przeznaczone do badań przechowywano w higrostaty nad wodą destylowaną do osiągnięcia założonej aktywności wody w temperaturze  $25 \pm 1,5$  °C. Aktywność wody mierzono w aparacie Hygroskop (Rotronic) DT z dokładnością  $\pm 0,001$ . Próbkę były dostarczane do badań w opakowaniu o wysokiej barierowości w stosunku do pary wodnej (laminat: polietylen i aluminium) i niezwłocznie analizowane.

Sensoryczną ocenę pieczywa o zróżnicowanej aktywności wody przeprowadzono w Pracowni Analizy Sensorycznej SGGW, metodą ilościowej analizy opisowej (QDA-Quantative Descriptive Analysis) wg Stone'a i Sidela [13]. Listę stosowanych do oceny wyróżników wraz z definicjami i określeniami brzegowymi skali liniowej stosowanej do oceny intensywności wrażenia przedstawiono w tab. 1. Instrumentalne wyróżniki tekstury określano na podstawie testu ściskania pieczywa w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445 z prędkością przesuwu głowicy 20 mm/min. Emisję akustyczną towarzyszącą niszczeniu produktu mierzono za pomocą akcelerometru piezoelektrycznego typu 4381, firmy Brüel&Kjær. Uzyskany sygnał emisji akustycznej (EA) wzmacniano o 40 dB i analizowano w zakresie od 0,01 do 15000 kHz. Analizowano 2-sekundowe fragmenty dźwięku, odpowiadające niskim odkształceniom. Badania wykonano w 10 powtórzeniach.

Twardość pieczywa, definiowana przez niektórych badaczy jako siła odpowiadająca określonemu odkształceniu materiału, była odczytywana z charakterystyki mechanicznej produktu przy 50 % odkształcenia, pracę ściskania obliczano dla 2-sekundowych fragmentów, jako pole pod krzywą ściskania pomnożone przez prędkość przesuwu głowicy. Energię pojedynczego zdarzenia, liczbę zdarzeń emisji akustycznej,

średnią amplitudę i czas trwania zdarzenia wyznaczano za pomocą programu Policz dla Windows XP [3, 6, 10].

Wpływ aktywności wody na jakość ogólną pieczywa opisano zmodyfikowanym równaniem Fermiego [6, 7].

$$Y(a_w) = \frac{Y_s}{1 + \exp\left(\frac{a - a_{wc}}{b}\right)} \quad (1)$$

gdzie:

$a_w$  - aktywność wody,

$a_{wc}$  - krytyczna aktywność wody odpowiadająca  $0,5Y_s$ ,

$b$  - nachylenie krzywej,

$Y(a_w)$  - szukany parametr,

$Y_s$  - wielkość parametru w stanie suchym.

Analizę statystyczną uzyskanych wyników wykonano z wykorzystaniem programów Excel dla WindowsXP i Statgraphics v 4.0 (Statistical Graphics Corp.). Do określenia zależności między zmiennymi zastosowano analizę korelacji.

## Wyniki i dyskusja

Wartości mechanicznych (kinestetycznych) wyróżników tekstury pieczywa chrupkiego, jak twardość, plastyczność i charakter fragmentacji, rozumiane zgodnie z definicjami podanymi w tab. 1., wzrastały wraz ze wzrostem aktywności wody. Ich wzrost następował z jednoczesnym obniżaniem sensorycznej jakości ogólnej pieczywa. Wyróżnik „adhezyjność” miał tendencję malejącą wraz ze wzrostem  $a_w$ . Maksymalna siła odczytana z charakterystyki mechanicznej, definiowana jako twardość materiału, rosła nieznacznie wraz z aktywnością wody, osiągając wartość maksymalną przy  $a_w = 0,562$ . Podobne wyniki uzyskała Marzec [9], która maksymalną wartość siły w teście ściskania odnotowała przy aktywności wody pieczywa 0,530, dalej następował spadek wartości siły ze wzrostem aktywności wody.

Sensorycznie określona twardość pieczywa rośnie ze wzrostem aktywności wody produktu. Antyplastyfikujący (utwardzający) wpływ wody na produkty pochodzenia zbożowego obserwowano wielu badaczy, jednak mechanizm tego zjawiska nie jest dotąd w pełni poznany [5, 10, 12]. Na rys. 1. przedstawiono kinestetyczne wyróżniki tekstury pieczywa chrupkiego w funkcji aktywności wody i pracę ściskania wyznaczoną na podstawie testu mechanicznego. Analiza korelacji wykazała, że praca ściskania korelowała z twardością sensoryczną i fragmentacją oraz wykazywała wysoką ujemną korelację z adhezyjnością i jakością ogólną (tab. 2). Marzec i Gondek [8], analizując korelacje między tymi wyróżnikami w innych krakersach, nie stwierdziły współzależności między pracą ściskania a mechanicznymi wyróżnikami tekstury.

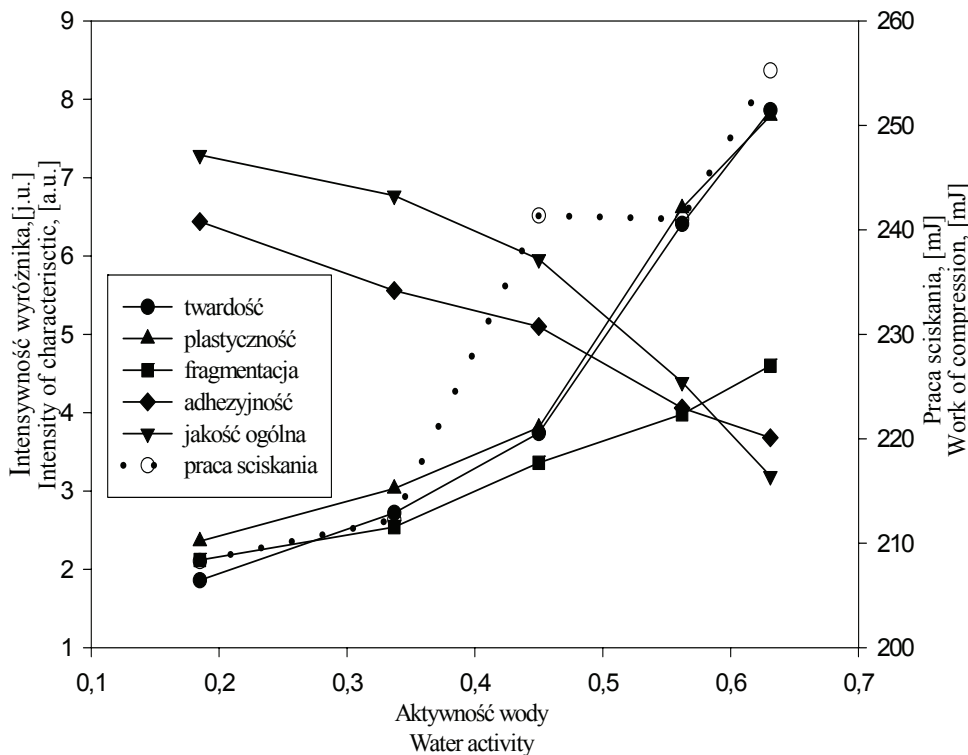
Tabela 1

Wyróżniki stosowane do oceny wrażeń akustycznych i mechanicznych pieczywa chrupkiego.

Sensory characteristics applied to evaluate acoustic and mechanical impressions evoked by crispbread.

Wyróżnik Characteristic	Definicja Definition	Określenia brzegowe Boundary definition
Wrażenia akustyczne / Acoustic impressions		
Głośność dźwięku Sound loudness	Natężenie dźwięku odbieranego przy rozdrabnianiu próbki zębami	cichy – głośny
Charakter dźwięku Sound character	Rodzaj dźwięku odbieranego przy rozdrabnianiu próbki zębami	stłumiony – „szeleszczący”
Ton dźwięku Sound tone	Właściwość harmoniczna dźwięku związana z częstotliwością drgań na sekundę	niski – wysoki
Czas trwania dźwięku Duration time of sound	Długość dźwięku odbieranego przy rozdrabnianiu próbki zębami	krótki, „urwany” – długi, „ciągnący się”
Wrażenia mechaniczne / Mechanical impressions		
Twardość / Hardness	Opór jaki stawia próbka przy pierwszym ugryzieniu	kruchy, delikatny – twardy,
Plastyczność Plasticity	Stopień plastyczności próbki odczuwany przy pierwszym ugryzieniu	zwarty, łamliwy – plastyczny, uginający się
Fragmentacja cząstek Fragmentation of particles	Rozmiar i charakter cząstek powstających w czasie rozgryzania próbki	drobne „oble” cząstki – grube „ostre” cząstki
Adhezyjność Adhesiveness	Wrażenie „przyklejania” się próbki do zębów i trudności w jej usuwaniu	brak – wyraźne, znaczne
Ocena ogólna General assessment	Ogólne wrażenie sensoryczne wrażeń akustycznych i mechanicznych	zła – bardzo dobra

Spośród akustycznych wyróżników tekstury największy wpływ na ogólną jakość sensoryczną badanego pieczywa miały charakter i czas trwania dźwięku (tab. 3). Wszystkie zaproponowane deskryptory dźwięku korelowały z sensorycznymi ich odpowiednikami. Akustyczne wyróżniki tekstury pieczywa chrupkiego uzyskane za pomocą analizy sensorycznej przedstawiono na rys. 2. Przerwaną linią zaznaczono liczbę zdarzeń EA. Analiza korelacji wykazała wysoką współzależność pomiędzy całkowitą energią emitowanego dźwięku i głośnością, czasem trwania i charakterem dźwięku. Charakter i czas trwania dźwięku korelował również z liczą zdarzeń EA, a nachylenie charakterystyki widmowej z czasem trwania dźwięku. Instrumentalnie wyznaczone deskryptory dźwięku emitowanego przez pieczywo były wysoko skorelowane z sensorycznie ocenianą jakością ogólną (wsp. korelacji powyżej 0,9) podobnie, jak w przypadku innych produktów.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

twardość / hardness; plastyczność / plasticity; fragmentacja / fragmentation; adhezyjność / adhesiveness; jakość ogólna / general quality; praca ściskania / compression work

Rys. 1. Mechaniczne (kinestetyczne) wyróżniki tekstury pieczywa chrupkiego.

Fig. 1. Mechanical (kinesthetic) characteristics of crispbread texture.

Duży wpływ cech akustycznych produktu na percepcję tekstury stwierdzili m.in. Chaunier i wsp. [1] w przypadku płatków kukurydzianych, a tradycyjnego pieczywa chrupkiego Gondek i Marzec [4], także krakersów Gondek i Marzec [6]. Wpływ aktywności wody na jakość ogólną pieczywa chrupkiego opisano zmodyfikowanym równaniem Fermiego (rys. 3), obliczona na tej podstawie krytyczna aktywność wody wynosiła 0,599 i była zbliżona do tej, przy której Marzec [9] odnotowała zmianę mechanizmu niszczenia pieczywa za pomocą testów łamania i ściskania.

Tabela 2

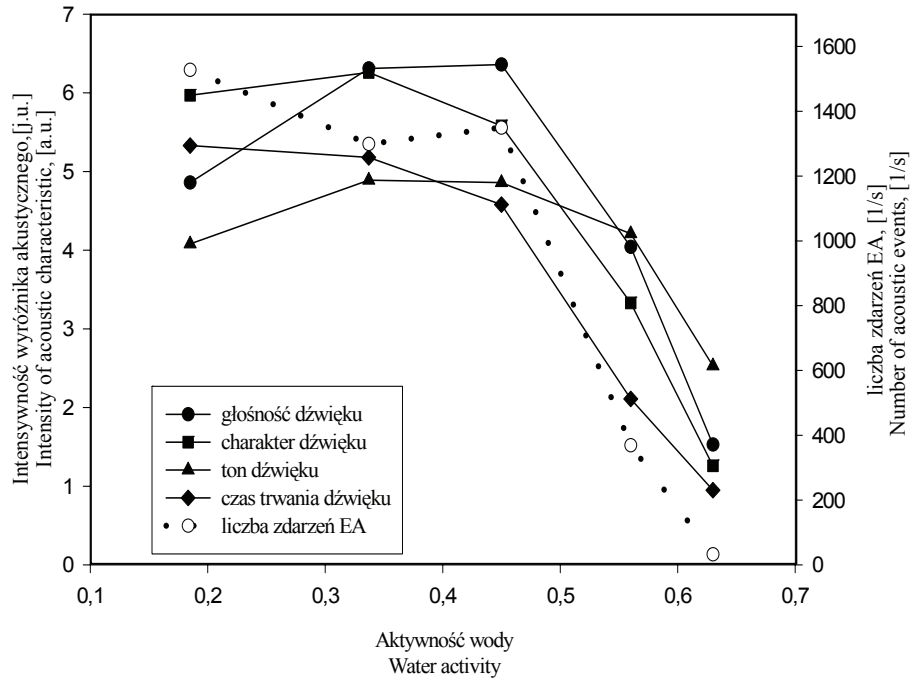
Współczynniki korelacji pomiędzy akustycznymi wyróżnikami tekstury pieczywa chrupkiego wyznaczonymi sensorycznie i instrumentalnie  
Coefficients of correlations among the acoustic characteristics of crispbread texture, which were sensorily and instrumentally determined.

Akustyczne wyróżniki tekstury określone sensorycznie Acoustic characteristics of texture, sensorily determined	Akustyczne wyróżniki tekstury określone instrumentalnie Acoustic characteristics of texture, instrumentally determined			
	Energia akustyczna Acoustic energy	Liczba zdarzeń EA Number of acoustic events	Współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej Partition power spectrum slope	Wsp. chrupkości Crispness index
Jakość ogólna General quality	0,953	0,973	0,953	0,917
Głośność dźwięku Sound loudness	0,930	0,864	0,662	0,934
Ton dźwięku Sound tone	0,838	0,750	0,535	0,835
Czas trwania dźwięku Duration time of sound	0,987	0,990	0,932	0,966
Charakter dźwięku Sound character	0,985	0,969	0,873	0,965

Tabela 3

Współczynniki korelacji pomiędzy mechanicznymi wyróżnikami tekstury pieczywa chrupkiego wyznaczonymi sensorycznie i instrumentalnie.  
Coefficients of correlations among the mechanical characteristics of crispbread texture, which were instrumentally and sensorily determined.

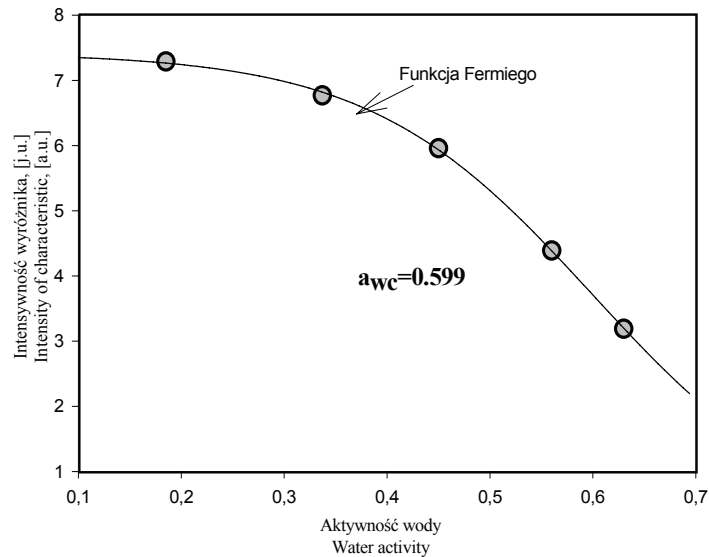
Mechaniczne wyróżniki tekstury określone sensorycznie Mechanical characteristics of texture, sensorily determined	Mechaniczne wyróżniki tekstury określone instrumentalnie Instrumental mechanical features		
	Siła Force	Praca Work	Wsp. chrupkości Crispness index
Jakość ogólna General quality	-0,710	-0,914	0,917
Głośność dźwięku Sound loudness	0,727	0,901	-0,925
Ton dźwięku Sound tone	0,790	0,965	-0,841
Czas trwania dźwięku Duration time of sound	0,717	0,880	-0,943
Charakter dźwięku Sound character	-0,821	-0,915	0,841



Explanatory notes see Fig. 1.

Rys. 2. Akustyczne wyróżniki tekstury pieczywa chrupkiego.

Fig. 2. Acoustic characteristics of crispbread texture.



Rys. 3. Wpływ aktywności wody na jakość ogólną pieczywa chrupkiego.

Fig. 3. The influence of water activity on total quality of flat bread.

### Wnioski

1. Wpływ aktywności wody na akustyczne i mechaniczne wyróżniki tekstury pieczywa chrupkiego ma charakter nieliniowy.
2. Energia dźwięku, liczba zdarzeń emisji akustycznej i współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej są skorelowane z akustycznymi wyróżnikami tekstury pieczywa chrupkiego i wpływają na ogólne postrzeganie jakości produktu.
3. Spośród mechanicznych wyróżników tekstury praca ściskania jest skorelowana z kinestetycznymi wyróżnikami tekstury. Współczynnik chrupkości pieczywa wyznaczony instrumentalnie koreluje z jakością sensoryczną.
4. Zaproponowana metoda instrumentalnej oceny akustycznych wyróżników tekstury pieczywa koreluje z wynikami tekstury uzyskanymi w ocenie sensorycznej i może być stosowana do oceny tekstury produktu.

*Praca była prezentowana podczas VI Konferencji Naukowej nt. „Nowoczesne metody analityczne w zapewnieniu jakości i bezpieczeństwa żywności”, Warszawa, 6 - 7 grudnia 2007 r.*

### Literatura

- [1] Chaunier I Courcoux P., Della Valle G., Lourdin D.: Physical and sensory evaluation of cornflakes crispness. *J. Texture Stud.*, 2005, **236**, 93-118.
- [2] Duizer L. M.: A review of acoustic research for studying the sensory perception of crisp, crunchy and crackly textures. *Trends Food Sci. Tech.*, 2001, **12**, 17-24.
- [3] Gondek E., Lewicki P.P.: Antiplasticization of cereal-based products by water. Part II. Breakfast cereals. *J. Food Eng.*, 2006, **77**, 644-652.
- [4] Gondek E., Lewicki P.P.: Gondek E., Lewicki P.P., Ranachowski Z.: Influence of water activity on the acoustic properties of breakfast cereals. *J. Texture Stud.*, 2006, **37**, pp.497-515.
- [5] Gondek E., Marzec A.: Sensoryczna ocena tekstury pieczywa chrupkiego o zróżnicowanej aktywności wody. Inż. Roln. Kraków (Praca przyjęta do druku)
- [6] Gondek E., Marzec A.: Wpływ aktywności wody na sensoryczną ocenę tekstury i jakość ogólną krakersów. *Inż. Roln.*, 2006, **7 (82)**, 181-187.
- [7] Harris M., Peleg M: Patterns of textural changes in brittle cellular foods caused by moisture sorption. *Cereal Chem.*, 1996, **73**, 225-231.
- [8] Marzec A., Gondek E.: Zależności pomiędzy wybranymi wyróżnikami tekstury krakersów oznaczonymi instrumentalnie i sensorycznie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **2 (47) Supl.**, 219-226.
- [9] Marzec A.: Właściwości mechaniczne i akustyczne pieczywa chrupkiego. Praca doktorska. Katedra Inżynierii i Żywności i Organizacji Produkcji, WTŻ, SGGW, Warszawa.
- [10] Marzec A., Lewicki P.P.: Antiplasticization of cereal-based products by water. Part I. Extruded flat bread. *J. Food Eng.*, 2006, **73**, 1-8.
- [11] Mohammed A. A. A., Jowitt R., Brennan J. G.: Instrumental and sensory evaluation of crispness: I – in friable foods. *J. Food Eng.*, 1982, **1**, 55-75.
- [12] Peleg M.: Mechanical properties of dry brittle cereal products. In: *The Properties of Water in Foods ISOPOW 6*. Ed. Reid E., Blackie Academic & Professional, London 1998, pp. 233-253.
- [13] Stone H., Sidel J.L.: *Sensory evaluation practices*. Ed. Academic Press, Orlando 1985.



---

**CORRELATIONS AMONG SOME SELECTED CHARACTERISTICS OF CRISPBREAD  
TEXTURE, DETERMINED INSTRUMENTALLY AND SENSORILY**

S u m m a r y

The objective of this paper was to research into the correlations among some selected characteristics of crispbread, which were determined using both the instrumental methods: compression test & acoustic emission analysis, and the sensory methods (quantitative descriptive method). The compression test of the product was performed in a Zwick 1445 tensile machine with a speed of 20 mm/min. A contact method was used to register the destructive force and the acoustic emission (AE) with the use of a piezoelectric accelerometer, its type being 4381, manufactured by Brüel & Kjaer. Among the AE descriptors, the acoustic energy and the number of AE events were strongly correlated with the sensory impressions corresponding with them, and partition power spectrum slope was correlated with the duration time of sound. Furthermore, the high correlation was found between the crispness coefficient and the general quality of crispbread. Thus, the instrumental characteristics of the texture as investigated in the paper can be applied to evaluate the crispbread quality.

**Key words:** crispbread, texture, mechanical characteristics, acoustic characteristics ✕