

AGATA MARZEC, EWA GONDEK

ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY WYBRANYMI WYRÓŻNIKAMI TEKSTURY KRAKERSÓW OZNACZONYMI INSTRUMENTALNIE I SENSORYCZNIE

Streszczenie

Celem pracy była analiza korelacji pomiędzy wybranymi wyróżnikami tekstury, oznaczonymi instrumentalnie i sensorycznie, krakersów o aktywności wody od 0,25 do 0,67. Sensoryczną ocenę ciastek wykonano metodą ilościowej analizy opisowej, zaś instrumentalne parametry tekstury określono na podstawie testu ściskania produktu w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445, z prędkością 20 mm/min. Podczas ściskania rejestrowano siłę niszczenia i emisję akustyczną (EA) metodą kontaktową za pomocą akcelerometru piezoelektrycznego typu 4381 firmy Brüel & Kjær. Krakersy po przekroczeniu $a_w = 0,49$ nie są akceptowane przez konsumentów, dlatego badano korelacje w zakresie a_w od 0,25 do 0,49. Energia dźwięku i liczba zdarzeń EA krakersów były silnie skorelowane z odczuciami sensorycznymi. Natomiast słabe zależności stwierdzono pomiędzy parametrami mechanicznymi a wyróżnikami kinestetycznymi tekstury. Wynika stąd wniosek, że do instrumentalnej oceny tekstury krakersów korzystniejsze jest zastosowanie metody akustycznej niż mechanicznej.

Słowa kluczowe: krakersy, analiza sensoryczna, właściwości mechaniczne, emisja akustyczna, aktywność wody (a_w)

Wprowadzenie

Ogólna jakość sensoryczna produktów kruchych tworzona jest przede wszystkim przez ich smakowitość oraz teksturę, która istotnie zależy od zawartości i aktywności wody. Tekstura jest istotnym elementem jakości ciastek i może być badana instrumentalnie. Łączona jest z właściwościami mechanicznymi materiału, ale to nie wystarczy, aby ocenić produkt. Chociaż istnieje związek pomiędzy siłą niszczenia produktu a percepcją kruchości, pomiary siły powinny być łączone z analizą emitowanego dźwięku. Relacje pomiędzy siłą, dźwiękiem a kruchością należy potwierdzić analizą regresji [2]. Vickers [11] zestawiała akustyczne parametry i średnią wysokość pików dźwięków z pikami siły w celu określenia kruchości chipsów

Dr inż. A. Marzec, dr inż. E. Gondek, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Technologii Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa

ziemniaczanych. Autorka uzyskała silne korelacje pomiędzy kruchością a natężeniem dźwięku i wykonaną pracą niszczenia. Zależności między wyróżnikami sensorycznymi kruchych produktów a dźwiękiem badał również Vincent [12] i wykazał, że tonacje i głośność są silnie skorelowane z odczuciem twardości. Mohammed i wsp. [8] badali korelacje między wyróżnikami sensorycznymi: kruchością, twardością, intensywnością dźwięku a cechami mechanicznymi i akustycznymi zmierzonymi instrumentalnie. Zaproponowali równanie regresji do opisu zależności sensorycznych oraz instrumentalnych i stwierdzili wysokie korelacje rzędu 0,92.

Celem pracy było określenie korelacji pomiędzy wybranymi wyróżnikami tekstury krakersów oznaczonymi instrumentalnie i sensorycznie.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły krakersy „Lajkonik”. Produkty przed badaniem były umieszczane w higrostatkach nad wodą destylowaną i przechowywane w nich w temp. $25 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ do osiągnięcia, założonej aktywności wody. Aktywność wody mierzono aparatem Hygroskop (Rotronic) DT z dokładnością $\pm 0,001$. Ze względu na charakter próbek, były one dostarczane do pracowni analiz sensorycznych w opakowaniu o wysokiej barierowości w stosunku do pary wodnej (laminat polietylen i aluminium) i niezwłocznie analizowane.

Sensoryczną ocenę krakersów o aktywności wody 0,25; 0,35; 0,49; 0,57 i 0,67 wykonano w Pracowni Analizy Sensorycznej metodą ilościowej analizy opisowej (Quantitative Descriptive Analysis – QDA) wg Stone’a i Sidela [10]. Mechaniczne (kinestetyczne - twardość, suchość, fragmentację) i akustyczne (głośność dźwięku, jego charakter oraz czas trwania) wyróżniki jednostkowe, składające się na sensoryczny profil tekstury, zostały wybrane przez zespół oceniający w trakcie sesji wstępnej, na przykładzie analogicznych produktów rynkowych. Listę wyróżników, ich definicje oraz odpowiednie określenia brzegowe skali liniowej do oceny przedstawiono w pracy Gondek i Marzec [3].

Instrumentalne wyróżniki tekstury określano na podstawie testu ściskania krakersów w maszynie wytrzymałościowej Zwick 1445, z prędkością 20 mm/min. Podczas niszczenia produktu rejestrowano siłę oraz emisję akustyczną (EA) metodą kontaktową za pomocą akcelerometru piezoelektrycznego typu 4381 firmy Brüel & Kjær. Sygnał emisji akustycznej wzmacniano o 40 dB i analizowano w zakresie częstotliwości od 0,01 Hz do 15 000 Hz. Badania wykonano w 10 powtórzeniach. Analizowano 2-sekundowe fragmenty zapisu akustycznego odpowiadające niskim odkształceniom próbki (maksymalnie do 16%).

Twardość krakersów określano na podstawie maksymalnej siły odczytanej z charakterystyki mechanicznej produktu w układzie siła – czas deformacji. Obliczano pracę jego ściskania w ciągu 2-sekundowych zapisów charakterystyk mechanicznych [7]. Deskryptory emisji akustycznej, takie jak: energia akustyczna, współczynnik

nachylenia charakterystyki widmowej, liczba zdarzeń EA wyznaczano za pomocą programu komputerowego Policz dla Windows XP. Współczynnik chrupkości obliczano jako iloraz liczby zdarzeń emisji akustycznej i pracy ściskania [6].

Odchylenia standardowe zmierzonych instrumentalnie parametrów i analizę statystyczną zależności pomiędzy sensorycznymi i instrumentalnymi wyróżnikami tekstury wykonano w programie Excel dla Windows XP.

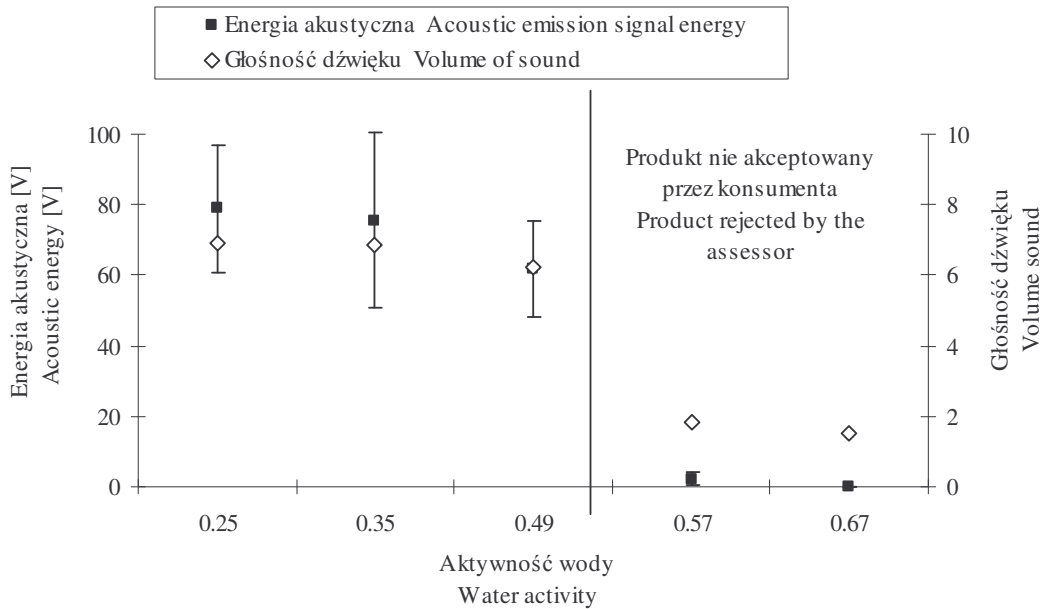
Wyniki i dyskusja

Wszystkie próbki produktów należące do grupy o aktywności wody od 0,25 do 0,49 oceniono sensorycznie jako kruche i o dobrej jakości ogólnej. Cechy sensoryczne, takie jak: jakość ogólna produktu, twardość, ton i głośność dźwięku w powyższym przedziale a_w nie zmieniały się [3]. Energia sygnału akustycznego i praca ściskania wyznaczone instrumentalnie wykazały tendencje pozornie malejące w powyższym zakresie a_w , gdyż obserwowane różnice były statycznie nieistotne (rys. 1 i 2).

Krakersy o aktywności wody 0,57 i 0,67 charakteryzowały się niską energią dźwięku, co potwierdziła analiza sensoryczna. Świadczy to, że produkt do osiągnięcia $a_w = 0,49$ był akceptowany przez konsumentów, zaś wzrost a_w powyżej tej wartości powodował utratę jego akceptacji. Wpływ aktywności wody na sensoryczne i instrumentalne wyróżniki tekstury ma charakter nieliniowy (rys. 1, 2). Zależności te opisano równaniami pochodzącymi od funkcji Fermiego, a krytyczna aktywność wody wyznaczona podczas sensorycznej oceny ogólnej krakersów wynosiła 0,52 [3] i była zbliżona do tej, przy której Lewicki i wsp. [4] odnotowali zmianę mechanizmu niszczenia krakersów. Marzec i wsp. [6] wykazali, że utrata kruchości krakersów wyraża się stopniowym zanikiem emisji akustycznej, a krytyczna aktywność wody wynosi 0,47 w przypadku analizy liczby zdarzeń i współczynnika kruchości.

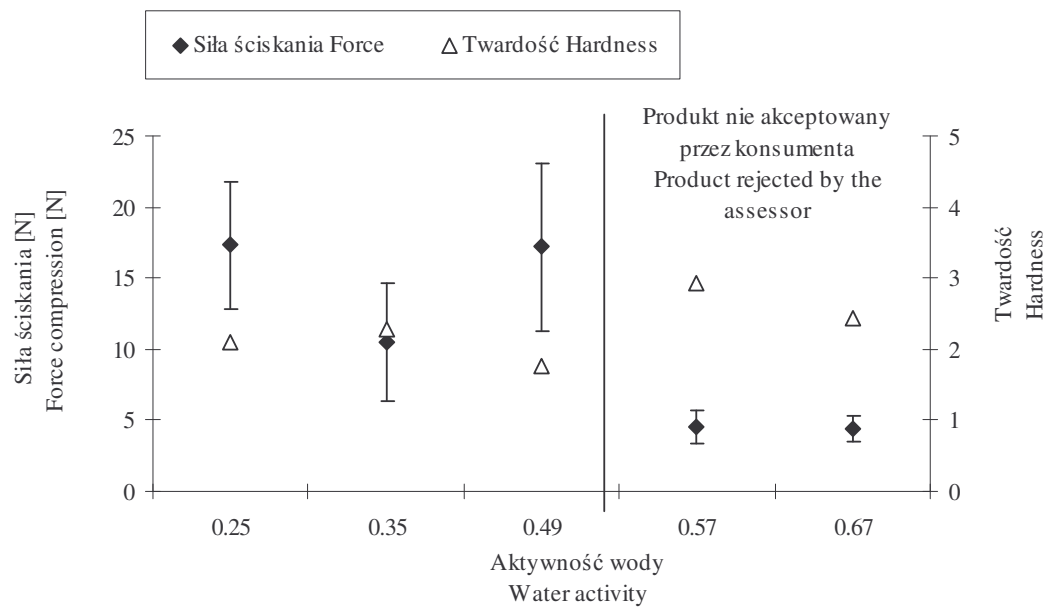
W związku z powyższym badano korelacje pomiędzy wyróżnikami sensorycznymi a instrumentalnymi w wąskim zakresie a_w od 0,25 do 0,49, w którym produkt jest sensorycznie akceptowany.

Na rys. 3. i 4. przedstawiono przykładowe zależności pomiędzy parametrami wyznaczonymi instrumentalnie (akustycznymi i mechanicznymi) a sensorycznymi wyróżnikami tekstury. Zależności opisano równaniami liniowymi, a współczynniki korelacji przedstawiono w tab. 1. i 2.



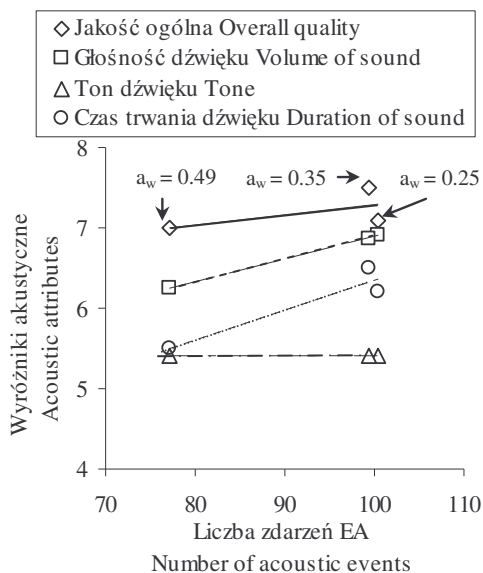
Rys. 1. Wpływ aktywności wody na energię akustyczną dźwięku, oznaczaną instrumentalnie, i głośność dźwięku, ocenianą sensorycznie, w analizie krakersów.

Fig. 1. Influence of water activity on acoustic energy of sound estimated instrumentally and volume of sound estimated by sensorial methods during crackers analysis.



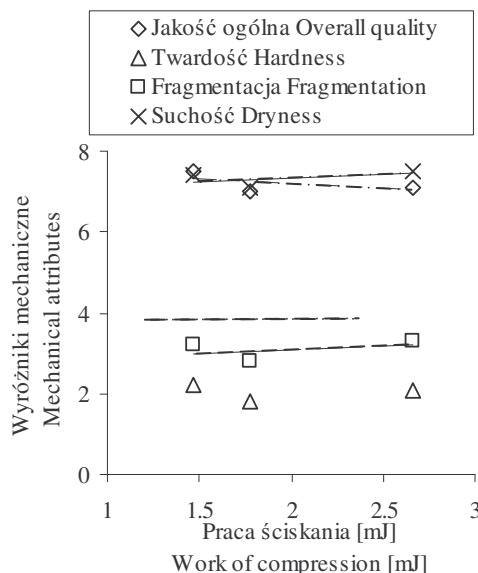
Rys. 2. Wpływ aktywności wody na siłę ściskania i twardość sensoryczną krakersów.

Fig. 2. Influence of water activity on compression force and sensory hardness of crackers.



Rys. 3. Zależności między liczbą zdarzeń i sensorycznymi wyróżnikami tekstury krakersów.

Fig. 3. Correlations between number of acoustic events and acoustic attributes of crackers texture.



Rys. 4. Zależności między siłą ściskania i sensorycznymi wyróżnikami tekstury krakersów.

Fig. 4. Correlations between work compression and mechanical attributes of crackers texture.

Energia akustyczna i liczba zdarzeń EA wykazują silne zależności z wyróżnikami akustycznymi określonymi sensorycznie, takimi jak: głośność, charakter i czas trwania dźwięku (tab.1). Współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej wykazał wysokie ujemne korelacje tylko z tonem dźwięku. Informuje on o ilości dźwięku emitowanego w pasmach wysokich i niskich częstotliwości. Istnieją jednak różnice pomiędzy dźwiękiem emitowanym a postrzeganym, które wynikają ze struktury materiału i cech indywidualnych konsumenta i dotyczą szczególnie wysokich częstotliwości 10-20 kHz. Ciało ludzkie modyfikuje emitowany przez produkt dźwięk. Część dźwięku z łamania produktu jest przewodzona przez powietrze część przez kości i tkankę miękką ust. Dlatego zarejestrowane dźwięki za pomocą mikrofonu podczas testów mechanicznych są wyraźnie głośniejsze niż dźwięki postrzegane podczas jedzenia. Wykazano też, że częstotliwość dźwięku związana jest również z wielkością niszczonego produktu [5].

Spośród parametrów mechanicznych korelacje o największych wartościach wystąpiły pomiędzy siłą i twardością sensoryczną ($r = -0,74$). Inne wyróżniki tekstury nie wykazały istotnych współzależności (tab. 2).

Chaunier i wsp. [1] przebadali płatki kukurydziane różnych producentów i stwierdzili słabe zależności między kruchością ocenianą sensorycznie a maksymalną siłą niszczenia ($r = 0,40$). Znacznie silniejsze korelacje otrzymano analizując kruchość i

średnią amplitudę sygnału akustycznego ($r = 0,63$). Autorzy zasugerowali, że zaproponowana przez nich metoda pomiaru emisji akustycznej może być stosowana do szacowania kruchości płatków.

Tabela 1

Współczynniki korelacji między wyróżnikami akustycznymi sensorycznymi i instrumentalnymi tekstury krakersów.

Correlations between sensory acoustic attributes and instrumental features of crackers.

| Wyróżniki akustyczne sensoryczne Acoustics attributes sensory of texture | Instrumentalne wyróżniki akustyczne Acoustics features of crackers texture | | | |
|---|---|--|--|---|
| | Energia akustyczna [V] Acoustic emission signal energy [V] | Liczba zdarzeń EA Number of acoustic events | Współczynnik nachylenia charakterystyki widmowej Partition power spectrum slope | Współczynnik kruchości Crispness index |
| Jakość ogólna Overall quality | 0,665 | 0,773 | 0,469 | 0,837 |
| Głośność dźwięku Volume of sound | 0,993 | 0,999 | -0,236 | 0,262 |
| Ton dźwięku Tone | -0,224 | -0,373 | -0,836 | -0,997 |
| Czas trwania dźwięku Duration of sound | 0,843 | 0,916 | 0,212 | 0,657 |
| Charakter dźwięku Distinction of sound | 0,867 | 0,934 | 0,165 | 0,620 |

W pracy analizowano także zależności pomiędzy współczynnikiem kruchości, który uwzględnia zarówno akustyczne, jak i mechaniczne cechy produktu mierzone instrumentalnie a wyróżnikami sensorycznymi. Otrzymano wysokie korelacje tego współczynnika z oceną ogólną rozumianą jako kompleksowa charakterystyka produktu oraz z głośnością i czasem trwania dźwięku ($r = 0,83$) jak również z wyróżnikami akustycznymi, takimi jak ton dźwięku ($r = -0,99$). Z wyróżników mechanicznych tylko twardość korelowała z tym współczynnikiem ($r = 0,62$). Analizowane akustyczne wyróżniki tekstury lepiej korelowały ze swoimi sensorycznymi odpowiednikami niż wyróżniki mechaniczne.

Wynika stąd wniosek, że do instrumentalnej oceny tekstury krakersów korzystniejsze jest zastosowanie metody akustycznej niż metody mechanicznej. Podobnie Gonddek i Marzec [3] wykazały, że kinestetyczne wyróżniki tekstury zmieniają się nieznacznie wraz z aktywnością wody produktu i z tego powodu nie

mogą być uważane za dobre wskaźniki zmian tekstury krakersów. W literaturze opisano metody sensoryczne i instrumentalne badania kruchości i chrupkości kilku różnych rodzajów żywności. Stwierdzono, że cechy te są ze sobą wysoko skorelowane. Jednak kruchość i twardość, określona w teście mechanicznym jako maksymalna siła niezbędna do zniszczenia badanego materiału, wykazały ujemne korelacje [9]. Sugeruje to, że odczucia kruchości i chrupkości żywności o niskiej zawartości wody są w wyższym stopniu związane z wrażeniami akustycznymi niż z mechanicznymi.

Tabela 2

Współczynniki korelacji między wyróżnikami mechanicznymi sensorycznymi i instrumentalnymi tekstury krakersów.

Correlations between sensory mechanical attributes and instrumental features of crackers.

| Sensoryczne wyróżniki mechaniczne Mechanical attributes sensory of texture | Instrumentalne wyróżniki mechaniczne Instrumental mechanical features | | |
|--|--|-----------------------------------|--|
| | Siła [N] Force [N] | Praca ściskania [mJ] Work [mJ] | Współczynnik chrupkości Crispness index |
| Jakość ogólna Overall quality | -0,914 | -0,369 | 0,837 |
| Twardość Hardness | -0,745 | -0,065 | 0,627 |
| Fragmentacja Fragmentation | -0,180 | 0,561 | 0,018 |
| Suchość Dryness | -0,290 | 0,464 | 0,131 |

Wnioski

1. Zależności pomiędzy wyznaczonymi instrumentalnie parametrami akustycznymi i mechanicznymi a wyróżnikami sensorycznymi tekstury krakersów w zakresie aktywności wody od 0,25 do 0,49 mają charakter liniowy.
2. Energia dźwięku i liczba zdarzeń EA krakersów były silnie skorelowane z odczuciami sensorycznymi, słabsze zależności stwierdzono pomiędzy parametrami mechanicznymi a kinestetycznymi wyróżnikami tekstury. Wynika z tego, że w instrumentalnej ocenie tekstury tego typu za najważniejszą uznać należy analizę emisji akustycznej.

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

Literatura

- [1] Chaunier L., Courcoux P., Della Valle G., Lourdin D.: Physical and sensory evaluation of cornflakes crispness. *J. Texture Studies*, 2005, **36**, 93-118.
- [2] Duizer L. M., Winger R. J.: Instrumental measures of bite forces associated with crisp products. *J. Texture Studies*, 2006, **37**, 1–15.
- [3] Gondek E., Marzec A.: Wpływ aktywności wody na sensoryczną ocenę tekstury i jakość ogólną krakersów. *Inżynieria Rolnicza*. Kraków 2006 (Praca przyjęta do druku)
- [4] Lewicki P.P., Jakubczyk E., Marzec A., Cabral M. C. C., Periera P. M.: Effect of water activity on mechanical properties of dry cereal products. *Acta Agrophysica*, 2004, 2 (**4**), 381-391.
- [5] Luyten H. Plijter J. J., van Vliet T.: Crispy/crunchy crusts of cellular solid foods, a literature review with discussion. *J. Texture Studies*, 2004, **35**, 445–492.
- [6] Marzec A., Lewicki P.P., Jakubczyk E.: Badanie jakości krakersów metodą emisji akustycznej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, 1(**46**),
- [7] Marzec A., Lewicki P.P.: Antiplasticization of cereal-based products by water. *Patr I. Extruded flat bread*. *J. Food Eng.*, 2006, **73**, 1-8.
- [8] 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.
- [9] Seymour S. K., Hamann D.D.: Crispness and crunchiness of selected low moisture foods. *J. Texture Studies*, 1988, **19**, 79–95.
- [10] Stone H., Sidel J. L.: *Sensory evaluation practices*. Academic Press, Orlando 1985.
- [11] Vickers Z. M.: Sensory, acoustical and force-deformation measurements of potato chip crispness. *J. Food Sci.*, 1987, **52**, 138-140.
- [12] Vincent J. F. V.: Application of fracture mechanics to the texture of food. *Eng. Fail. Anal.*, 2004, **11**, 695–704.

CORRELATIONS BETWEEN CHOSEN CRACKERS TEXTURE ATTRIBUTES ESTIMATED BY INSTRUMENTAL AND SENSORY METHODS

S u m m a r y

The aim of this study was to analyze correlations between instrumental: mechanical and acoustic features of crackers and they equivalent in sensory test. The panelists were focused on assessment of mechanical (kinesthetic) and acoustic attributes of the texture. Samples were compressed with a speed of 20 mm/min, using universal testing machine Zwick 1445. An accelerometer sensor, Brüel & Kjaer 4381V was mounted near the lower end of the upper head of the compressing machine to accomplish an acoustic contact with the crackers sample. The investigation revealed that in the a_w region from 0.25 to 0.49 crackers are acceptable by consumers and there are no significant changes of both investigated parameters in this region. Sensory acoustic attributes were significantly related to acoustic energy and number of acoustics event. A significant negative relationship was observed between the compression force and sensory hardness. As a result it can be stated, that for instrumental analyze of crackers texture the usage of acoustic method is more effective than mechanical.

Key words: crackers, sensory analyze, mechanical properties, acoustic emission, water activity (a_w) 