

Kamil DOLIK, Mariusz S. KUBIAK, Mariusz SEŃCIO

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA, KATEDRA PROCESÓW I URZĄDZEŃ PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin

Analizator do pomiaru tekstury TMS-Pro – zasada działania i zastosowanie w badaniach produktów spożywczych

Mgr inż. Kamil DOLIK

Od września 2009 roku jest doktorantem w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej. Obszar jego działalności naukowej obejmuje zagadnienia związane z rozmrażaniem surowców spożywczych. W obszarze jego zainteresowań znajduje się również instrumentalna ocena surowców spożywczych.



e-mail: xibalbha@gmail.com

Dr inż. Mariusz S. KUBIAK

Jest adiunktem w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej. W swojej działalności naukowej zajmuje się bezpieczeństwem żywności w zakresie zafałszowań i zanieczyszczeń występujących w żywności pochodzenia zwierzęcego i roślinnego. W dziedzinie zainteresowań znajdują się również wybrane zagadnienia z technologii produkcji żywności wielkoprzemysłowej, analiza instrumentalna surowców spożywczych oraz automatyka stosowana w praktyce.



e-mail: mariusz.kubiak@tu.koszalin.pl

Mgr inż. Mariusz SEŃCIO

Od 2005 roku jest doktorantem w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej. W 2009 roku został wszczęty przewód doktorski. Obszar jego działalności naukowej obejmuje zagadnienia związane z wpływem techniki uplastyczniania mięsa na teksturę i jakość produktu typu kebab. W obszarze jego zainteresowań znajduje się również instrumentalna i sensoryczna ocena surowców spożywczych.



e-mail: sanos3@o2.pl

1. Wprowadzenie

Według normy PN-ISO 5492:1997 mianem tekstury określa się wszystkie cechy mechaniczne, geometryczne oraz powierzchniowe, odbierane za pomocą receptorów mechanicznych, dotykowych, wzrokowych i słuchowych. W przypadku surowców spożywczych tekstura jest cechą wytworzoną w sposób naturalny, uzależnioną od ich składu chemicznego, stanowi wynik zjawisk zachodzących podczas przetwarzania. Parametry opisujące teksturę dzielą się na trzy grupy (tab. 1).

Tab. 1. Właściwości tekstury surowców spożywczych [PN-ISO 5492:1997]
Tab. 1. Properties of food texture [PN-ISO 5492:1997]

Grupa parametrów	Rodzaj parametru	Opis parametru	Najczęściej stosowane określenia	
Mechaniczne	Twardość (ang. Hardness)	Siła niezbędna do uzyskania określonej deformacji produktu, bądź penetracji w jego głąb	miękki – jedny – twardy;	
	Kohezyjność (ang. Cohesiveness)	Lamliwość (ang. Brittleness)	Siła, przy której produkt ulega pierwszej trwałej deformacji	kruszący się – kruchy – łamliwy; kruszący się – chrupliwy – łamliwy – chrupki (chrupiący) – kruchy;
		Przeżuwalność (ang. Chewiness)	Energia potrzebna do takiego rozdrobnienia produktu, aby nadawał się on do przelknięcia	miękki – ciągnący się – twardy; delikatny – suwalny – twardy/żyłasty
		Gumowatość (ang. Gumminess)	Energia potrzebna na doprowadzenie produktu półstałego do stanu zdatnego do połknięcia	kruchy – mialki – ciągnący się – gumowaty; piaskowy – mączysty/sypki – pastowaty/ciastowaty – gumisty
	Sprężystość (ang. Elasticity)	Szybkość, z jaką zdeformowany materiał powraca do swej pierwotnej postaci po usunięciu obciążenia deformującego	plastyczny – elastyczny	
	Lepkość (ang. Viscosity)	Siła niezbędna do rozprzelenia płynu po podłożu, bądź jego ściągnięcia	rzadki – lepki; płynny/ciekły – rzadki – mazisty – lepki	
	Adhezyjność (ang. Adhesiveness)	Siła potrzebna do oderwania substancji od podłoża, bądź rozprzelenia jej po podłożu	lepki – kleisty – płynno klejący; przylepny/lepki – lepki – kleisty	
Geometryczne	Struktura (ang. Structure)	Cecha związana z kształtem oraz układem cząstek w produkcie	zawierający cząsteczki - ziarnisty - gruboziarnisty; gładki - piaszczysty - ziarnisty - chropowaty; włóknisty - komórkowy - krystaliczny	
Powierzchniowe	Wilgotność (ang. Contents of Water)	Zdolność przyjmowania wody zaabsorbowanej lub uwalnianej z produktu	suchy – wilgotny – mokry – soczysty – delikatny – wodnisty	
	Tłustość (ang. Contents of Fat)	Zawartość tłuszczu w produkcie	tłusty – mazisty – oleisty	

Streszczenie

W artykule przedstawiono zasadę działania Specjalistycznego Systemu Pomiaru Tekstury TMS-Pro, jego możliwości oraz metodę prowadzenia badań za pomocą tego przyrządu. Opis metody poparto przykładem analiz prowadzonych na mięsie drobiowym w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej. Metody instrumentalne badań tekstury produktów spożywczych są coraz szerzej stosowane w przemyśle spożywczym, jako tania i efektywna alternatywa dla metod organoleptycznych.

Słowa kluczowe: tekstura produktów spożywczych, ocena instrumentalna, TMS-Pro.

TMS-Pro Texture Analyser – rule of work and its employment in food research

Abstract

A working principle, capabilities and research method using the Texture Measurement System Pro (TMS-Pro) were introduced in the article. The system is using to an instrumental analysis of food product texture, but it can be used for the plastic material analysis too. Due to a great diversity of the easily exchangeable working items (fixtures and force transducers), a range of possible analyses to be carried out is very wide. Instrumental research methods of food product texture are using more widely in food industry, because it is a cheap and effective alternative for the organoleptic methods. In the article introduction, the texture products definitions, analysis methods and the fundamental distinguishing textures according to the standard ISO 5492:1997 were brought closer. In the following article, sections the construction of the bench TMS-Pro, the analyser construction, its technical parameters and possible applications were described. The possibilities of operating system software were brought closer. In the next part of the article the analysis methodology with the TMS-Pro application was described step by step. A description of this method is supported by an example of chicken meat analysis carried out in Food Industry Processes and Facilities Chair, Mechanical Engineering Faculty at Koszalin University of Technology. Conclusions and bibliography were enclosed at the end of the paper.

Keywords: Food texture, instrumental method, TMS-Pro.

Tekstura stanowi jeden z głównych wyróżników jakościowych produktów spożywczych i jest poddawana ocenie. Metody służące do oceny tekstury dzielą się na dwie główne gałęzie:

- metody organoleptyczne, – w których jako narzędzie do oceniania wykorzystywane są ludzkie zmysły (wzrok, smak, węch, słuch oraz dotyk),
- metody instrumentalne, – w których wykorzystuje się aparaturę pomiarową i urządzenia mechaniczne.

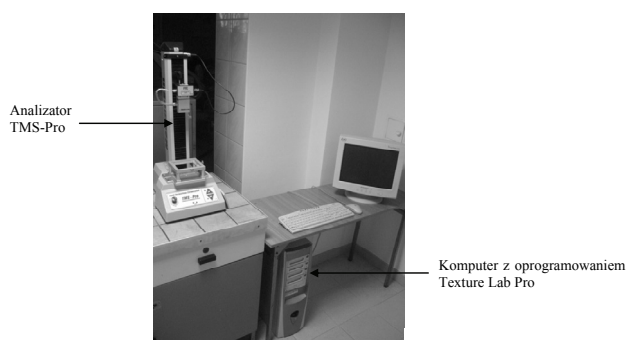
Metody instrumentalne są tańsze w zastosowaniu niż metody organoleptyczne, nie wymagają albowiem intensywnego szkolenia osób oceniających, są szybsze i zapewniają powtarzalność wyników, gdyż nie zależą one od stanu psychofizjologicznego oceniających [4]. Jednakże podstawowym warunkiem ich stosowania jest wysoka korelacja oceny instrumentalnej z oceną organoleptyczną.

W celu instrumentalnej oceny produktów spożywczych opracowano przyrządy nazywane analizatorami tekstury. Jednym z narzędzi tego typu jest Specjalistyczny System Pomiaru Tekstury (TMS-Pro) produkcji Food Technology Corporation, przeznaczony do badania tekstury surowców i produktów spożywczych, zarówno stałych jak i płynnych. Dzięki łatwo wymylnym nasadkom, analizator umożliwia prowadzenie różnego rodzaju testów polegających na cięciu, miążdzeniu, penetracji czy rozciąganiu próbek.

2. Stanowisko badawcze do pomiaru tekstury (TMS-Pro)

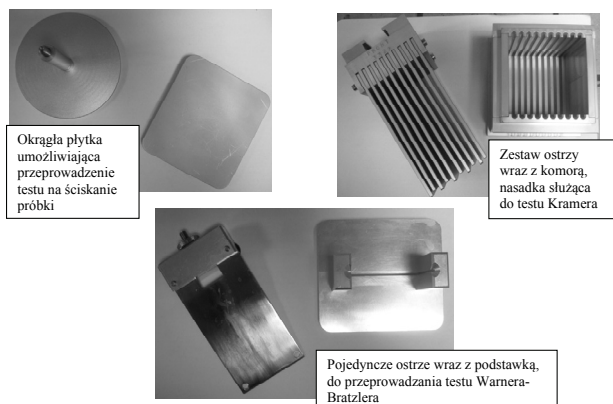
Stanowisko badawcze TMS-Pro znajdujące się w laboratorium Katedry Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego składa się z dwóch części – pomiarowej oraz obróbki danych (rys. 1).

Część pomiarową stanowi stanowisko badawcze do pomiaru tekstury (System Pomiaru Tekstury TMS-Pro), wyposażone w szereg przetworników siły oraz nasadek (rys. 2).



Rys. 1. Stanowisko badawcze (analizator tekstury TMS-Pro)

Fig. 1. TMS-Pro Research Site



Rys. 2. Przykładowe nasadki do analizatora tekstury TMS-Pro

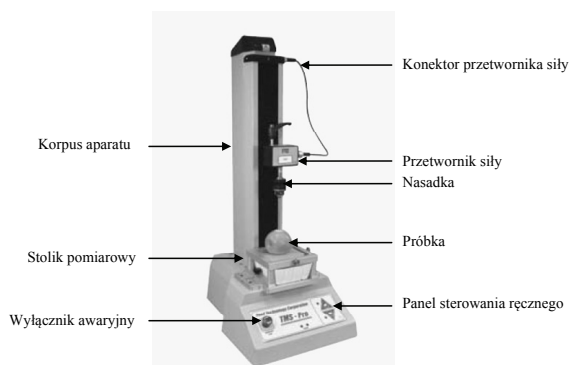
Fig. 2. TMS-Pro Fixtures

Częścią służącą do obróbki danych jest komputer klasy IBM wyposażony w oprogramowanie Texture Lab Pro, które rejestruje sygnały przesyłane z analizatora i przekształca je na dane numeryczne. Wyniki są rejestrowane w postaci krzywych, które mogą obrazować m. in. zależność siły od przemieszczenia.

Zasada działania analizatora oparta jest na mechanicznym oddziaływaniu na badaną próbkę. Rodzaj oddziaływania, jakiemu poddawana jest próbka, uzależniony jest od typu zainstalowanej na głowicy aparatu nasadki. Analizator, przy pomocy inteligentnych przetworników siły, odczytuje wartości sił powstających podczas testu i przesyła je do komputera, gdzie są one rejestrowane i zapisywane w programie Texture Lab Pro. Pozyskane w ten sposób dane służą do dalszych analiz i porównań, mających na celu ocenę tekstury zbadanych próbek. Ponieważ oprogramowanie Texture Lab Pro nie posiada modułu umożliwiającego statystyczną obróbkę pozyskanych danych, ich analizę przeprowadza się w programach zewnętrznych typu Excel, STATISTICA po uprzednim przekonwertowaniu. Analiza ta pozwala na poszukiwanie korelacji między poszczególnymi danymi, mogących świadczyć o powiązaniu badanych parametrów tekstury.

3. Analizator tekstury TMS-Pro

Analizator do pomiaru tekstury TMS-Pro (rys. 3) składa się z trzech głównych komponentów: korpusu, przetwornika siły oraz nasadki.

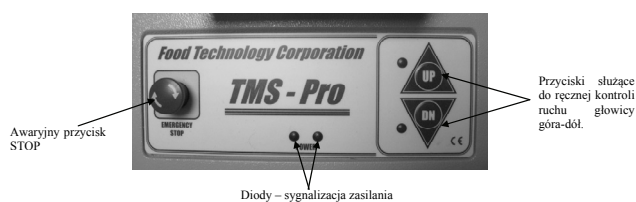


Rys. 3. Analizator tekstury TMS-Pro [8]

Fig. 3. TMS-Pro Texture Analyser [8]

Korpus stanowi podstawę analizatora. Wyposażony został w ruchomą głowicę, wykonującą ruch po osi pionowej, na drodze o maksymalnej długości 300 mm. Ustawienie położenia głowicy jest możliwe z dokładnością rzędu 0,01 mm. Zakres prędkości ruchu głowicy analizatora mieści się w granicach od 1 do 500 mm/min. Ogólny przegląd danych technicznych analizatora zawarto w tabeli 1.

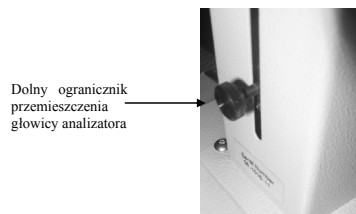
Sterowanie głowicą odbywa się z poziomu programu komputerowego Texture Lab Pro, w którym możliwe jest zaprogramowanie ruchu głowicy w sposób jak najbardziej odpowiadający prowadzonemu testowi. Możliwe jest również ręczne sterowanie głowicą, przy pomocy przedniego panelu analizatora (rys. 4). Sterowanie ręczne jest dość mocno ograniczone, ale przydatne do wyregulowania położenia głowicy aparatu.



Rys. 4. Panel sterujący analizatora tekstury TMS-Pro

Fig. 4. TMS-Pro control panel

Przedni panel analizatora wyposażony został ponadto w wyłącznik awaryjny, umożliwiający natychmiastowe przerwanie pracy aparatu w przypadku zagrożenia kolizją (uderzeniem nasadki o stolik pomiarowy/inną twardą powierzchnię, co mogłoby skutkować przepaleniem ogniwa siły), czy jakiegokolwiek innego zagrożenia wynikającego z nieprawidłowego użytkownika sprzętu.



Rys. 5. Ogranicznik ruchu głowicy analizatora tekstury TMS-Pro
Fig. 5. The rear knurled knob of TMS-Pro

Ochronę przed kolizją zapewniają również dwa ograniczniki, zamontowane z tyłu analizatora, takie jak pokazany na rysunku 5. Dzięki nim możliwe jest ręczne ustawienie zakresu ruchu głowicy pomiarowej – jej maksymalnego, dopuszczalnego poziomu wznieśnienia oraz obniżenia.

Tab. 2. Parametry techniczne analizatora tekstury TMS-Pro [8]
Tab. 2. TMS-Pro technical specification [8]

TMS-Pro			
Parametr	Jednostka	Wartość	
Zakres sił	N	±2500	
Zakres ruchu głowicy w osi Z	mm	300	
Dokładność ruchu głowicy	mm	0,01	
Zakres prędkości ruchu głowicy	mm/min	1 - 500	
Dokładność prędkości	%	lepsza niż 0,01	
Prędkość odczytu danych	odczyt/s	16000	
Masa	kg	18	
Zasilanie	Napięcie	VAC	120/220
	Częstotliwość	Hz	50/60
Dostępne przetworniki siły	N	2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500	

Z tyłu analizatora umieszczono panel wyposażony w szereg przyłączy oraz główny włącznik. Panel ten służy do podłączenia zasilania sprzętu oraz umożliwia komunikację analizatora z komputerem. Analizator komunikuje się z komputerem za pomocą standardowych portów – „serial” oraz USB.

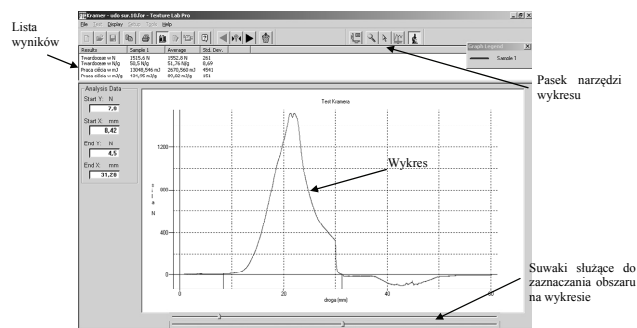
Przetworniki siły są urządzeniami, które mierzą wartości mechanicznych obciążeń powstających wewnątrz poddawanej testowi próbki i konwertują te wartości na sygnały elektryczne, odczytywalne dla TMS-Pro oraz oprogramowania zawartego w komputerze, (co anuluje konieczność instalowania specjalistycznych kart pomiarowych w centralnej jednostce komputera). Dostępnych jest kilka rodzajów przetworników (tab. 2), a dobór danego przetwornika jest uzależniony od rodzaju badanego materiału oraz przeprowadzanego testu. Ważnym jest, aby wartości sił powstających w trakcie testu nie przekraczały wartości maksymalnej dopuszczalnej dla zastosowanego przetwornika, albowiem może to skutkować jego uszkodzeniem.

Elementami, które bezpośrednio oddziałują na badany materiał są specjalne nasadki, montowane na głowicy i połączone z ogniwami sił. Wachlarz nasadek dostępnych dla analizatora jest bardzo szeroki i obejmuje nasadki umożliwiające:

- testy, w których powstają siły ściskające – zgniatanie, cięcie, penetracja, przekłuwanie, przeciskanie, mielenie próbek,
 - testy, w których powstają siły rozciągające – rozciąganie, naciąganie i zrywanie próbek.
- Nasadki dostępne dla analizatora podzielić można na takie, które:
- umożliwiają oddziaływanie na próbkę w określonym punkcie – np. igły, pojedyncze ostrza (wykorzystywane w teście Warnera-Bratzlera),
 - umożliwiają oddziaływanie na próbkę w całej jej objętości – np. baterie ostrzy (test Kramera), płaskie płytki.

4. Oprogramowanie Texture Lab Pro

Obsługa analizatora oraz odczyt i zapis otrzymanych podczas analizy danych odbywa się za pomocą oprogramowania Texture Lab Pro instalowanego w komputerze, do którego podłączony jest analizator. Okno programu Texture Lab Pro (wraz z przykładowym wykresem będącym wynikiem przeprowadzonych pomiarów) zostało ukazane na rysunku 6.

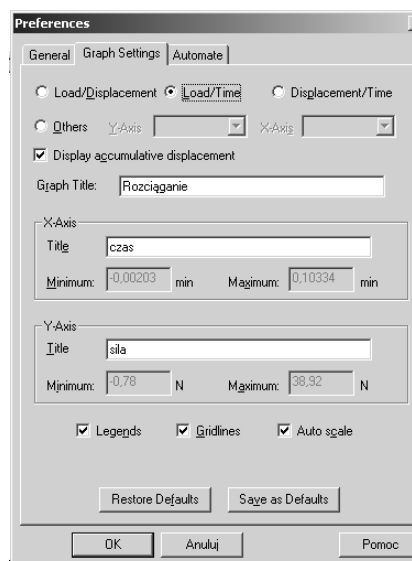


Rys. 6. Okno programu Texture Lab Pro z przykładowymi wynikami badań twardości surowca mięsnego (mięsa drobiowego)

Fig. 6. Texture Lab Pro window with the example test score for hardness of raw chicken meat

Program może być uruchamiany w dwóch trybach – Operatora oraz Administratora. W obu przypadkach pełna funkcjonalność programu jest zapewniona jedynie wtedy, gdy analizator jest włączony. W momencie, kiedy analizator jest wyłączony, bądź odłączony od komputera, program Texture Lab Pro uruchamia się w trybie ograniczonym (demo), przeznaczonym do podglądu wyników uprzednio przeprowadzonych badań.

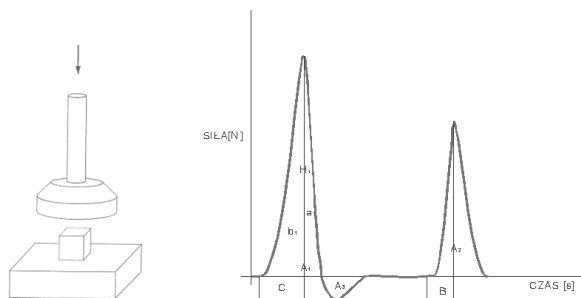
Oprogramowanie Texture Lab Pro umożliwia zaprogramowanie analizatora w taki sposób, by przeprowadzał on analizę w sposób automatyczny. Programowanie aparatu odbywa się w specjalnym menu i polega na określeniu kolejnych kroków, jakie mają być przeprowadzone podczas analizy. Pierwszym krokiem jest określenie trybu pracy analizatora, związanego z rodzajem obciążenia, jakiemu poddawana będzie próbka. Tryb pracy analizatora wybiera się spośród dwu możliwości: ściskanie oraz rozciąganie. Następnie, za pomocą okna programowania, za pomocą komend, określa się poszczególne etapy analizy. W programie możliwe jest określenie takich parametrów, jak: prędkość ruchu głowicy, prędkość powrotna głowicy, punkt zerowy itp.



Rys. 7. Okno preferencji programu Texture Lab Pro
Fig. 7. Preferences Window of Texture Lab Pro

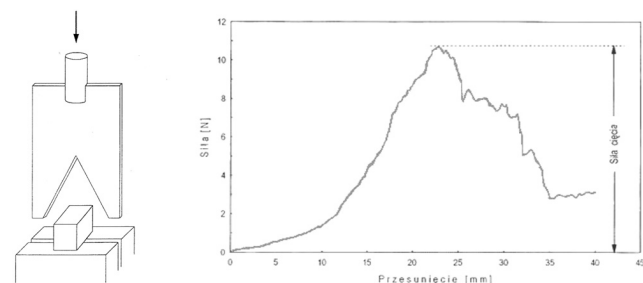
Odczyt i zapis wyników w programie odbywa się w dwojaki sposób: za pomocą listy wyników oraz w postaci wykresu. Rodzaj zależności ukazanej na wykresie możliwy jest do ustalenia w oknie Preferences (Preferencje) (rys. 7). Dostępne są 3 predefiniowane opcje: Load/Displacement (siła/przemieszczenie), Load/Time (siła/czas), Displacement/Time (przemieszczenie/czas), możliwe jest również określenie własnych zależności dzięki opcji Others (inne).

Dzięki dostępnym opcjom podglądu wykresu możliwe jest zaznaczanie na nim interesującego użytkownika zakresu danych (program podaje wartości wielkości mierzonych dla zaznaczonej części wykresu), jak i znalezienie na wykresie wartości maksymalnych sił. Pozwala to na przeprowadzenie podstawowych analiz wyników pomiarów jednostkowych. Przykładowe wykresy oraz schematy nasadek pokazano na rysunkach 8 oraz 9.



Rys. 8. Test ściskania próbki wyrobu, przykładowy wykres zależności siły od czasu

Fig. 8. Squeeze test of product sample, example load/time diagram



Rys. 9. Test cięcia próbki wyrobu (test Warnera-Bratzlera), przykładowy wykres zależności siły od przesunięcia

Fig. 9. Shear test (Warner-Bratzler), example load/displacement diagram

5. Metodyka prowadzenia analizy z użyciem analizatora tekstury TMS-Pro

Metodyka prowadzenia testu przy zastosowaniu analizatora tekstury TMS-Pro składa się z następujących kroków:

- przygotowania próbek do testu,
- uruchomienia analizatora tekstury TMS-Pro oraz podłączonego do niego komputera z oprogramowaniem,
- uruchomienia i zalogowania się w programie Texture Lab Pro,
- zainstalowania przetwornika siły oraz odpowiedniej nasadki,
- zaprogramowania przebiegu testu z poziomu oprogramowania Texture Lab Pro,
- zablokowania minimalnej wysokości opuszczenia głowicy aparatu oraz maksymalnej wysokości uniesienia głowicy (przy pomocy ograniczników umieszczonych z tyłu aparatu),
- ułożenia, pozycjonowania i ewentualnego poziomowania próbki na stoliku pomiarowym,
- pozycjonowania położenia nasadki pomiarowej nad próbką oraz wyzerowania położenia głowicy,
- wprowadzenia danych wymaganych przez program testu,
- wykonania testu właściwego,

- zarejestrowania wyników testu przy pomocy oprogramowania Texture Lab Pro.

W Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej system pomiaru tekstury TMS-Pro wykorzystywany jest głównie do badania tekstury produktów mięsnych, warzywnych, owocowych, zbożowych oraz mleczarskich i tworzyw sztucznych. Poniżej przedstawiono przykładowy przebieg testu według założonego schematu postępowania, którego celem było porównanie parametrów (twardości, kohezji) tekstury mięsa drobiowego z ud kurczaka – surowego oraz po procesie plastyfikacji (masowania):

- przygotowanie surowca – polegało na wycięciu z ud kurczaka elementów twardych (kości oraz chrząstek), bez naruszania struktury mięśni. Tak przygotowany surowiec podzielono na dwie partie, z których pierwszą wzięto do testu jako surową, a drugą po zapeklowaniu i wymasowaniu,
- przygotowanie próbek – polegało na wycięciu z ud próbek o wymiarach 1x1x3 cm, czego dokonano za pomocą specjalnego korkobora, zamontowanego do głowicy analizatora. Wykrojone próbki podzielono na grupy, z których każda miała masę 30 g.
- przygotowanie analizatora tekstury TMS-Pro do testu – polegało na dołączeniu do głowicy analizatora nasadki Kramera oraz ustawieniu na stoliku pomiarowym specjalnej komory z rusztem,
- umieszczenie próbek na ruszcie komory Kramera,
- wykalibrowanie ustawienia ostrzy, w taki sposób, aby ślizgały się one gładko w prowadnicach wyślubionych na ściankach komory,
- sprawdzenie zabezpieczeń i załadowanie programu testu z biblioteki programów Texture Lab Pro,
- przeprowadzenie testu właściwego,
- rejestracja i zapis wyników w Texture Lab Pro.

Uzyskane podczas testów wyniki poddawane są analizie w programach Excel oraz STATISTICA, w celu wykazania istotności różnic między średnimi wynikami dla próbek pochodzących z mięsa surowego oraz masowanego. Ma to na celu wykazanie istotności różnicy w teksturze mięsa surowego oraz masowanego.

6. Podsumowanie

Analizator tekstury TMS-Pro jest prostym w obsłudze i wygodnym urządzeniem, dzięki któremu możliwa jest instrumentalna analiza tekstury produktów spożywczych i związanych z nimi opakowaniami z tworzyw. Mnogość dostępnych przetworników siły oraz nasadek umożliwia przeprowadzenie szerokiego spektrum testów. Co więcej, istnieje możliwość dostosowywania oprzyrządowania do własnych potrzeb, np. poprzez opracowywanie nowych typów nasadek albo dostosowania parametrów pracy analizatora do rodzaju badanego obiektu. Aktualizacja oprogramowania daje możliwość łatwiejszej obsługi i szerszego zastosowania systemu pomiaru tekstury TMS-Pro w przemyśle rolno-spożywczym.

7. Literatura

- [1] Dobrzycki J., Baryko-Pikielna N.: Instrumentalne metody pomiaru tekstury żywności, Instytut Żywności i Żywności, Warszawa 1986.
- [2] Marzec A.: Tekstura żywności. Część I – Wybrane metody instrumentalne, Przemysł Spożywczy, nr 2/2008, str. 12-15.
- [3] PN-ISO 5492:1997 Analiza sensoryczna. Terminologia.
- [4] Surmacka-Szcześniak A.: Texture is a sensory property. Food Quality and Preference. 2002, 13, 215-225.
- [5] Texture Lab Pro Software Reference Manual.
- [6] TMS-Pro Hardware Reference Manual.
- [7] Wierzbička A.: Cechy strukturalne produktów mięsnych, Magazyn Przemysłu Mięsnego, nr 11/2005, str. 18-20.
- [8] www.foodtechcorp.com