

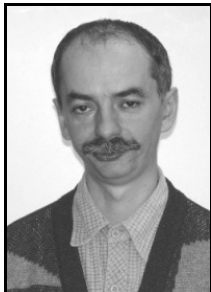
**Dariusz TOMKIEWICZ, Mariusz SEŃCIO, Kamil DOLIK**

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA  
ul. Raclawicka 15/17, 75-620 Koszalin

## Układ pomiarowy do określenia parametrów tekstury mięsa na podstawie pomiaru zmiany prędkości wycieku wody

**Dr inż. Dariusz TOMKIEWICZ**

Pracuje jako adiunkt w Katedrze Automatyki Politechniki Koszalińskiej. Stopień doktora nauk technicznych w dziedzinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, specjalność Automatyka i Robotyka uzyskał w 2000 roku. W zakresie jego zainteresowań znajdują się modelowanie i identyfikacja obiektów, inteligentne układy pomiarowe, algorytmy sztucznej inteligencji, sterowanie układami o parametrach rozłożonych.



e-mail: [dariusz.tomkiewicz@tu.koszalin.pl](mailto:dariusz.tomkiewicz@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](mailto:sanos3@o2.pl)

### Streszczenie

W artykule przedstawiono badania dotyczące opracowania nowej metody pomiaru parametrów tekstury mięsa. Metoda ta jest rozwinięciem znanej i powszechnie używanej do określenia wielkości wycieku wody metody Grau-Hamma. W zastosowanej metodzie możliwy jest pomiar na bieżąco wielkości wycieku wody i tym samym możliwe jest oznaczenie zmiany prędkości wycieku wody. Opracowany układ pomiarowy będący przystawką do analizatora tekstury umożliwia obserwowanie w trakcie eksperymentu zmian koloru bibuły filtracyjnej oraz ich rejestrowanie przy użyciu aparatu fotograficznego. Otrzymana seria zdjęć zebrana w równych odstępach czasu dzięki zastosowaniu opracowanej procedury przetwarzana obrazu pozwala na obliczenie zmian prędkości wycieku wody. Przebieg zmian prędkości wycieku wody opisano za pomocą funkcji aproksymującej. Przeprowadzono doświadczenie w którym przygotowano próbki mięsa o różnej teksturze i porównano wartości uzyskane na podstawie opracowanej metody oraz przy użyciu klasycznych metod analizy tekstury: pracy cięcia metodą Kramera oraz twardości próbki.

**Słowa kluczowe:** wodochłonność, tekstura mięsa, pomiar, przetwarzanie obrazów.

## A measuring system for determining meat texture parameters basing on measurements of water drip speed changes

### Abstract

The paper presents a study on developing a new method for measuring the meat texture which is an extension of the well-known and widely used Grau-Hamm method. It makes it possible to determine the speed of water drip which is strongly correlated with the meat texture properties. The elaborated measurement system is an adapter to a commercial texture meter. It allows observing change of the filter paper colour during experiments and recording it by a camera. The series of pictures collected at regular intervals were processed with the elaborated image processing procedure. The image processing procedure enables calculating the water drip speed changes which were described by an approximating function. There was performed an experiment in which various texture meat samples were used to compare the elaborated method with the conventional methods for texture analysis like: Kramer cutting work and hardness of the sample.

**Mgr inż. Kamil DOLIK**

Doktorant w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej. Obszar jego działalności naukowej obejmuje zagadnienia związane energetyką operacji masowania w masownicach bębnowych i mieszałowych oraz zagadnienia dotyczące zamrażania i rozmrażania surowców spożywczych. W obszarze jego zainteresowań znajduje się również instrumentalna ocena surowców spożywczych.



e-mail: [k.d.dolik@gmail.com](mailto:k.d.dolik@gmail.com)

**Keywords:** water-holding capacity, meat texture, measurement, image processing.

## 1. Wstęp

Pojęciem wodochłonność określa się zdolność utrzymania wody własnej (soku) przez mięso oraz zdolność do wchłaniania wody dodanej podczas procesu technologicznego. Wodochłonność jest jednym z najważniejszych wskaźników technologicznej przydatności mięsa i ważnym parametrem oceny jakości mięsa [1]. Decyduje o soczystości mięsa, jego właściwościach reologicznych oraz o ubytku masy na skutek obróbki cieplnej [7, 8].

Woda w mięsie występuje jako woda związana, unieruchomiona i wolna. Pod pojęciem wody związanej rozumie się wodę utrzymywaną ściśle przez białka. Stanowi ona 0,5% wody całkowitej. Największy udział w ilości wody całkowitej (80%) stanowi woda unieruchomiona w miofibrilach i błonie komórkowej. Pozostały odsetek stanowi woda wolna, której przepływ z tkanki nie jest zahamowany. Uważa się, że przydatność technologiczna mięsa jest tym większa, im większą część wody w nim stanowi woda związana [5].

Wodochłonność i stopień zatrzymywania wody przez mięso uzależnione są od szeregu czynników, wśród których najważniejszymi są: zawartość białka, stopień rozwinięcia powierzchni kontaktu białka z wodą, charakter białka, pH, obecność soli i dodatków wiążących wodę. Ponadto wpływ na nią mają: rodzaj hodowli, sposób postępowania przedubojowego i uboju, proces technologiczny.

Na wodochłonność surowca można również wpływać poprzez procesy technologiczne, takie jak marynowanie przy wysokim oraz niskim pH.

## 2. Metody oceny wodochłonności mięsa

Metody oceny wodochłonności mięsa można podzielić następująco [3]:

- bez zastosowania sił zewnętrznych (pomiar strat parowania i masy, ubytki przez wyciek, wyciek w torbie, gdzie mięso jest pozostawione same sobie przy różnych warunkach środowiska),
- z zastosowaniem zewnętrznych sił mechanicznych,
- wykorzystujące energię termiczną.

Najbardziej czasochłonne są metody z pierwszej grupy. Wodochłonność ocenia się w nich na podstawie pomiaru strat parowania i masy lub pomiaru ubytków powodowanych naturalnym wyciekiem. Pomiar wymaga pozostawienia mięsa na dłuższy czas (od kilku godzin do kilku dni) i charakteryzuje się dużą czułością na zakłócenia zewnętrzne.

Skrócenie czasu pomiaru można uzyskać przez przyłożenie zewnętrznych sił mechanicznych (pod- i nadciśnienia). Siły te, oddziałując na badany produkt, wymuszają uwalnianie wody

z przestrzeni wewnątrz i zewnątrz komórkowej struktury mięśnia. Dzięki temu wodochłonność może zostać zmierzona w ciągu kilku minut lub godziny. Ponadto ilość wody uwolniona w tych metodach jest znacznie wyższa, niż w przypadku metod nie wykorzystujących sił zewnętrznych. Metody oceny wodochłonności z wykorzystaniem sił zewnętrznych mogą być realizowane z wykorzystaniem wirówek (siła odśrodkowa), kompresję próbek na bibule filtracyjnej lub ssanie (oddziaływanie podciśnienia). Do tych metod zalicza się najczęściej stosowana obecnie metoda określania wodochłonności metoda Grau-Hamma.

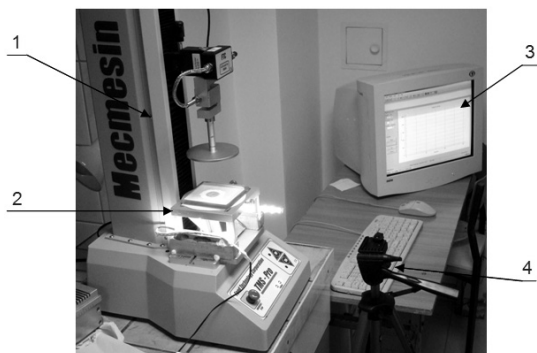
Trzecia grupa to metody wykorzystujące oddziaływanie obróbki termicznej – ubytki cieplne. W czasie ogrzewania białka ulegają denaturacji, struktury komórkowe są zniszczone i następuje uwalnianie wody z przestrzeni wewnątrz i zewnątrz komórkowej struktury mięśnia. Wpływ sposobu ogrzewania i końcowej temperatury jest duży na wodochłonność. Ubytki cieplne zależą od kształtu i wielkości próbki, profilu temperatury w czasie ogrzewania, końcowej temperatury ogrzewania, oraz warunków w czasie ogrzewania (w wodzie, roztworach soli, powietrzu, pod przykryciem-zawinięciem).

Wszystkie metody oznaczania wodochłonności mięsa i zdolności utrzymywania wody są metodami względnymi, uzależnionymi od sił zastosowanych przy wydzieleniu wody wolnej, a porównywalność wyników występuje wyłącznie między wynikami uzyskiwanymi przy zastosowaniu tej samej metody badań [9].

Z przytoczonych powyżej rozważań wynika, że wodochłonność jest jednym z najważniejszych parametrów opisujących jakość technologiczną mięsa oraz ma ona wpływ na właściwości sensoryczne mięsa w tym jego teksturę.

Obecnie nie ma jednej powszechnie uznawanej obiektywnej metody oceny jakości mięsa w tym wodochłonności. Konieczne jest zatem poszukiwanie nowych metod oceny tej wielkości [1, 6].

Interesującą metodą oceny właściwości mięsa jest zbadanie wpływu przyłożonego obciążenia i pomiar nie tylko całkowitej wielkości wycieku ale zmiany prędkości wycieku oraz zbadanie korelacji pomiędzy zmianą prędkości wycieku a właściwościami sensorycznymi oraz parametrami opisującymi właściwości tekstury mięsa.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: 1 – analizator TMS-Pro, 2 – stolik pomiarowy, 3 – komputer z oprogramowaniem Texture Lab Pro, 4 – statyw z aparatem fotograficznym

Fig. 1. Test stand: 1 – TMS-Pro texture meter, 2 – test table, 3 – PC with Texture Lab Pro program, 4 – stand with camera

Pomiary zmiany prędkości wycieku do tej pory nie były przeprowadzane ze względu konieczność wielokrotnego pracochłonnego oznaczania pola wycieku. Konieczne zatem było opracowanie układu pomiarowego umożliwiającego w sposób automatyczny określanie wycieku wody.

Głównym celem badań było opracowanie układu umożliwiającego pomiar zmiany prędkości wycieku pod wpływem stałego obciążenia. W trakcie doświadczeń zostało również zbadane czy istnieje związek pomiędzy zmianą prędkości wycieku a parametrami opisującymi teksturę mięsa takimi jak twardość próbki oraz praca cięcia.

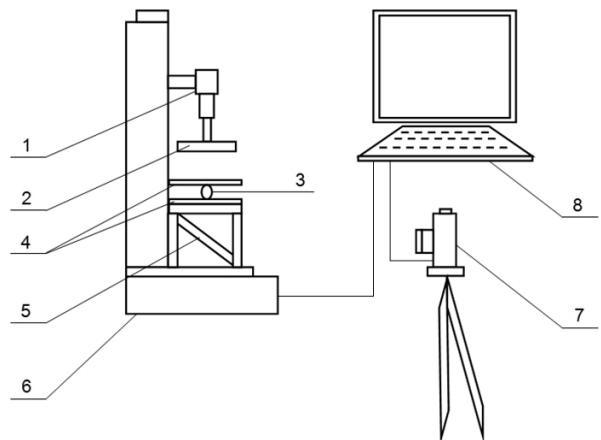
### 3. Stanowisko pomiarowe

Opracowana metoda pomiaru wartości wycieku wykorzystuje znaną i powszechnie stosowaną metodę Grau-Hamma. Metoda Grau-Hamma umożliwia pomiar wodochłonności jednak jej przeprowadzenie jest czasochłonne. Wynika to z konieczności obliczenia pola powierzchni wycieku określonego na podstawie przebarwienia powstającego na bibule filtracyjnej.

Na bibule filtracyjnej podczas określania wycieku metodą Grau-Hamma widoczne są dwa obszary których odcień szarości laborant musi odróżnić. Pod wpływem przyłożonego obciążenia na bibulę przedostaje się woda zawarta w badanej próbce oraz tłuszcz i inne elementy takie jak fragmenty tkanki badanej próbki mięsa. Woda zawarta w mięsie charakteryzuje się najmniejszą lepkością spośród wszystkich elementów próbki dlatego przenika najszybciej przez bibulę i tworzy zewnętrzny obszar śladu pozostawionego na bibule filtracyjnej. Pozostałe elementy takie jak fragmenty tkanki oraz tłuszcz charakteryzują się większą lepkością dlatego ich przemieszczenie wewnątrz bibuły filtracyjnej jest dużo mniejsze i obszar śladu pozostawiony przez te składniki próbki jest zbliżony do rozmiaru próbki mięsa.

W celu określenia wycieku laborant oznacza szarym obszar wycieku wody, który charakteryzuje się jasno szarym niejednorodnym odcieniem oraz obszar pozostawiony przez inne elementy próbki mięsa charakteryzujące się ciemniejszymi odcieniami szarości. W kolejnym kroku laborant określa pole powierzchni różnicy pomiędzy tymi dwoma obszarami która jest wyznacznikiem wartości wycieku wody.

Założono, że dzięki odpowiednio zbudowanemu układowi pomiarowemu w którym będzie możliwe obserwowanie na bieżąco obszaru wycieku wody oraz zastosowaniu metod przetwarzania obrazu będzie możliwe określenie zmiany różnicy pomiędzy dwoma obszarami na bibule filtracyjnej i określenie na bieżąco zmiany prędkości wycieku. Dodatkowo postanowiono zbadać wpływ wartości siły z jaką obciążana jest próbka na zmianę prędkości wycieku.



Rys. 2. Stanowisko pomiarowe: 1 – przetwornik siły, 2 – przystawka robocza, 3 – próbka mięsa na bibule filtracyjnej Whatman 1, 4 – szklane płytki, 5 – lustro, 6 – korpus teksturometru, 7 – aparat cyfrowy, 8 – komputer z oprogramowaniem Texture Lab Pro i oprogramowaniem do zapisu zdjęć z aparatu

Fig. 2. Test stand: 1 – force cell, 2 – test fixture, 3 – meat sample on Whatman 1 filter paper, 4 – glass tiles, 5 – the mirror, 6 – TMS-Pro texture meter, 7 – camera, 8 – PC computer with Texture Lab Pro program and camera photo-capture program

Do badań wykorzystano analizator tekstury TMS-Pro firmy Food Technology Corporation z własnym oprogramowaniem Texture Lab Pro Software. Analizator tekstury umożliwia zmianę wartości obciążenia według dowolnej zaprogramowanej funkcji w zakresie od 1 do 2500 N. Stanowisko pomiarowe pokazano na rysunku 1.

Analizator tekstury rozbudowano o specjalną przystawkę (stolik pomiarowy) o konstrukcji umożliwiającej obserwację od spodu bibuły filtracyjnej a tym samym określenie rozmiaru wycieku.

Stolik pomiarowy był zbudowany z aluminium w taki sposób aby możliwe było umieszczenie szklanej podstawki na której znajdowała się bibuła filtracyjna. W dolnej części stolika umieszczono lustro pod kątem 45° (rysunek 2). Umożliwiło to obserwację oraz rejestrację zmian odcieni koloru bibuły filtracyjnej. Z dwóch stron stolika umieszczono oświetlenie składające się z szeregu umieszczonych wzdłuż dolnych krawędzi stolika białych diod LED. Diody oświetlały od spodu szklaną podstawkę. Tak skonstruowane oświetlenie powodowało niejednorodne zakłócenia na obserwowanej powierzchni przejawiające się powstawaniem gradientu jasności widocznego na obrazie bibuły oraz trójkątnego szarego kształtu spowodowanego przez cień rzucany przez lustro. Niejednorodność oświetlenia powodowała konieczność jego korygowania w etapie związanym z przetwarzaniem obrazu.

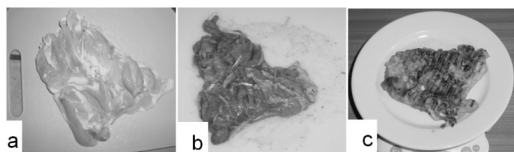
Stanowisko było uzupełnione o aparat fotograficzny umożliwiający wykonywanie serii zdjęć z zadanyim odstępem czasu. Sekwencja zdjęć w postaci cyfrowej była pobierana na komputer z zainstalowanym pakietem MATLAB.

#### 4. Procedura pomiarowa

Kolejnym etapem badań było sprawdzenie, czy skonstruowany układ pomiarowy oraz procedura pomiarowa umożliwi pomiar zmiany wartości tekstury mięsa. W tym celu zostało przeprowadzone doświadczenie w którym przygotowano próbki mięsa o różnej teksturze i zbadano czy zmiana tekstury mięsa wpływa na zmianę prędkości wycieku.

Badaniom poddane zostało świeże mięso drobiowe z nogi karczaka (rysunek 3a), zakupione w miejscowej hurtowni. Przed kolejnymi operacjami technologicznymi elementy tuszki dokładnie doczyszczono usuwając krwaki, sińce, ścięgna, złogi tłuszczu itp. Mięso z nóg zostało dokładnie wytrybowane z kości i chrząstek.

Tak przygotowany surowiec podzielono na 3 partie. Pierwszą poddano testowi w postaci surowej (próba kontrolna). Drugą zamarynowano i poddano testowi po uprzednim zmasowaniu i leżakowaniu (rysunek 3b). Trzecią poddano dodatkowo procesowi grillowania w grillu kontaktowym (ogrzewanie przez 4 min. do temperatury ok. 84 °C w centrum) po uprzednim zmasowaniu z marynatą (rysunek 3c).



Rys. 3. Badany surowiec: a – w stanie surowym, b – po masowaniu, c – po masowaniu i grillowaniu

Fig. 3. An examined material: a – raw, b – after tumbling process, c – after tumbling process and grilled

Partia mięsa została poddana procesowi uplastycznienia przeprowadzonej w masownicy mieszadłowej. W masownicy wymieszano surowiec z uwodnioną (20% wody do wagi mięsa) marynatą funkcjonalno-przyprawową. W badaniach wykorzystano masownicę mieszadłową typu MA150 polskiego producenta Inwestpol-Consulting. Masownica ta pozwalała na zróżnicowanie oddziaływania na mięso przez zmianę kąta pochylenia bębna, prędkości obrotowej, podciśnienia, czasu mieszania i rodzaju zastosowanego mieszadła. Parametry obróbki mięsa w masownicy zastosowane w badaniach zestawiono w tabeli 1.

Po masowaniu z marynatą mięso przeniesiono na 24 godz. do lodówki o temperaturze 4 °C. Mięso schłodzono do temperatury ok. 0±2 °C.

Tab. 1. Parametry programu masowania  
Tab. 1. Tumbling program parameters

Parametr	Jednostka	Wartość
Czas	min	10, 50, 90
Rodzaj zastosowanego mieszadła	-	Ramię masujące (unosząco-zagarniające)
Prędkość mieszadła	obr./min	12
Temperatura	°C	0
Stopień próżni	%	90
Kąt pochylenia	°	45
Wielkość wsadu	kg	30

Przygotowanie próbek do eksperymentu polegało na wycięciu z każdego elementu nogi, próbek o gramaturze ok. 200g, które następnie zmiksowano w melakserze. Z tej uśrednionej masy formowano kulki o masie 300mg ± 10mg, które zostały zważone na wadze analitycznej. Po uformowaniu, próbki pozostawiono na stole roboczym w temperaturze otoczenia równej 20°C w celu wyrównania temperatury z otoczeniem. Dla testu wodochłonności, każdą z partii próbek podzielono na 3 części (3 powtórzenia).

Pomiar przebiegał według następującej procedury:

- przygotowanie próbki w postaci kulki o wadze 300mg ± 5mg do testu z wcześniej rozdrobnionego w melakserze mięsa,
- zainstalowanie przetwornika siły o zakresie pomiarowym 2500N (przetwornik umożliwiający precyzyjny pomiar siły z dokładnością do 0,1% pełnego zakresu tj. 2,5 N) oraz przystawki roboczej w kształcie płytki o średnicy 10 cm,
- zaprogramowanie lub załadowanie przygotowanego programu testu z poziomu programu Texture Lab Pro,
- kalibracja obrazu przez zdjęcie zrobione folii z nadrukiem papieru milimetrowego na szkle,
- ułożenia bibuły filtracyjnej na szkle
- ułożenie, pozycjonowanie próbki na bibule filtracyjnej Whatman1 na szkiełku stolika pomiarowego, przyciśnięcie próbki drugą płytką szklaną
- uruchomienie programu ściskania próbki przez 30 minut od osiągnięcia siły równej 500 N
- akwizycja obrazów co 1 minutę
- po skończeniu akwizycji wyłączenie programu ściskania i powrót głowicy do góry
- obróbka danych w programie MATLAB.

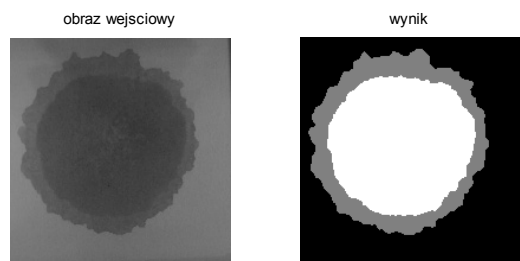
W wyniku nacisku badane próbki zostały zgniecione, a powstające podczas tego procesu siły zarejestrowane.

#### 5. Analiza danych

Zdjęcia otrzymane podczas doświadczenia były przetwarzane z zastosowaniem Image Processing Toolbox wchodzącego w skład pakietu MATLAB. Dla ustalonego powiększenia i odległości od aparatu zostało zrobione zdjęcie wzorca z naniesioną siatką o powierzchni 1 mm<sup>2</sup>. Zdjęcie to posłużyło do ustalania zależności pomiędzy liczbą pikseli a polem powierzchni wyodrębnionych elementów na obrazie [2, 10].

Przy zastosowaniu funkcji zawartych w Image Processing Toolbox oraz własnych funkcji dokonano wstępnych operacji na zdjęciach pozwalających na usunięciu zakłóceń oraz wyrównaniu jasności w poszczególnych obszarach obrazu. Następnie w dwóch etapach dokonano segmentacji obrazu. W pierwszym etapie wyodrębniono od tła obrazu obszar zajmowany przez plamy a drugim etapie wyodrębniono obszar zajmowany przez próbkę mięsa (ciemny obszar znajdujący się w części centralnej obrazu) (rysunek 4) od obszaru wycieku wody (obszar o średniej jasności). Liczba pikseli należąca do obu obszarów została przeliczona na pole powierzchni.

Po odjęciu obu obszarów został otrzymany obszar wycieku w danej chwili czasu. Wielkości wycieku zostały wyrażone w milimetrach kwadratowych.



Rys. 4. Obraz próbki mięsa i wycieku uzyskany podczas eksperymentu, z lewej strony obraz wejściowy przed przetwarzaniem, z prawej po operacji przetwarzania

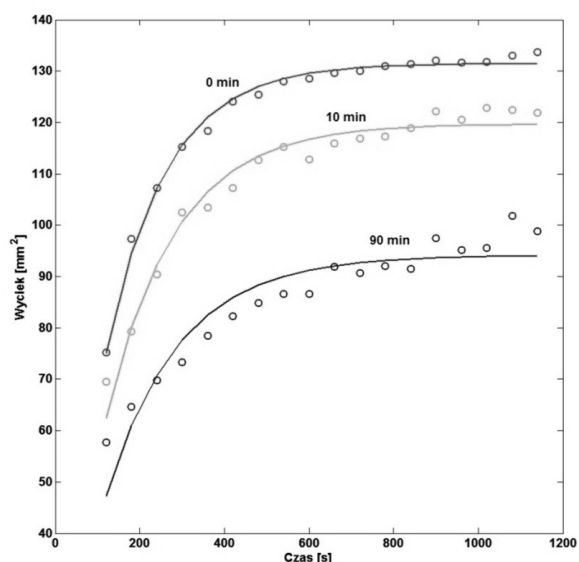
Fig. 4. Image of meat sample and water drip, before processing (on the left), after processing (on the right)

Aby stwierdzić wpływ zmiany tekstury mięsa na przebieg zmian prędkości wycieku pomiar został przeprowadzony dla próbek mięsa na których nie przeprowadzono operacji masowania, po dziesięciu minutach masowania i po dziewięćdziesięciu minutach masowania.

Na zdjęciach uzyskanych z doświadczenia w którym po etapie masowania mięso poddawano grillowaniu nie udało się w sposób automatyczny przeprowadzić segmentacji obrazu. Spowodowane to było znaczącym wyciekem tłuszczu na bibule filtracyjnej. Ślady tłuszczu przenikały się na bibule ze śladami wycieku wody uniemożliwiając separację tych obszarów zastosowanymi metodami segmentacji obrazu.

Dla pozostałych próbek mięsa zmiana prędkości wielkości wycieku została przedstawiona na rysunku 5 w postaci punktów oznaczonych literą o. Zmiana powierzchni pola na bibule filtracyjnej opisuje zmianę prędkości wycieku z mięsa. Została ona opisana matematycznie przy zastosowaniu funkcji aproksymującej.

Przebieg wartości funkcji aproksymującej określany jest poprzez dwa parametry DGHC1 i DGHC2. Przyjęto, że parametry te będą wskaźnikami informującymi o zmianie wartości parametrów tekstury mięsa. Wartości parametrów zostały estymowane przy zastosowaniu metody optymalizacji nieliniowej. Zastosowano algorytm nieliniowego simpleksu Nelder-Meada. Wykorzystano w tym celu Optimization Toolbox będący częścią pakietu MATLAB.



Rys. 5. Zmiana wielkości wycieku w funkcji czasu dla próbek mięsa przed procesem masowania, po 10 minutach masowania oraz po 90 minutach masowania. Dane z doświadczenia oznaczono symbolem o, funkcja aproksymująca - linia ciągła

Fig. 5. Water drip loss as a time function for meat samples before massage process, after 10 minutes of massage and after 90 minutes of massage process. Experimental values – symbol o, values describing approximating function continuous line

Uzyskane wartości parametrów DGHC1 i DGHC2 zostały przedstawione w tabeli 2. Wartości estymowanych parametrów zostały porównane z wartościami standardowo używanymi do określania tekstury mięsa, takimi jak twardość próbki oraz praca cięcia metodą Kramera. Z danych przedstawionych w tabeli 2 widać, że wraz ze wzrostem czasu masowania mięso nabierało kruchości. Twardość próbki oraz praca cięcia wraz ze wzrostem czasu masowania uległy zmniejszeniu. Parametry DGHC1 i DGHC2 również uległy zmianie wraz ze wzrostem czasu masowania, parametr DGHC1 zmniejszał swoją wartość natomiast parametr DGHC2 wzrósł.

Tab. 2. Wartości parametrów opisujących teksturę mięsa  
Tab. 2. Values of parameters describing the meat texture

Czas masowania [min]	Twardość próbki [N/g]	Praca cięcia [mJ/g]	DGHC1 [-]	DGHC2 [-]
0	-	-	131,5	141,9
10	42,7	367,2	119,7	162,8
90	34,3	314,3	94,1	172,3

## 6. Podsumowanie

Wodochłonność jest ważnym parametrem informującym o jakości surowca mięsnego. Z tego względu wymagane są jak najbardziej metody jej badania. Zmiana prędkości wycieku jest parametrem, który może być stosowany do analizy tekstury mięsa. Pomiar zmiany prędkości wycieku nie był do tej pory stosowany ze względu na pracochłonność obliczania pola powierzchni plamy powstałej na bibule filtracyjnej. Zastosowanie metody określania pola powierzchni z zastosowaniem zaproponowanego w pracy układu akwizycji obrazu oraz zastosowanego algorytmu przetwarzania obrazu redukuje czas oznaczania pola do dziesiątych części sekundy, możliwe jest zatem analizowanie zmian prędkości wycieku i ocena na ich podstawie jakości mięsa.

## 7. Literatura

- [1] Barbera S.: WHCtrend, a Dynamic Parameter Based on the Filter Paper Press Method to Measure Water Holding Capacity in Meat. The 55th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST), Copenhagen, Denmark, 16-21 August 2009.
- [2] Przybylak A., Boniecki P.: Neuronowa analiza zdjęć ultrasonograficznych w procesie identyfikacji poziomu zawartości tłuszczu – badania wstępne, Inżynieria Rolnicza 6(104)/2008.
- [3] Kołczak T.: Retencja wody w mięsie, 10/2007 Gospodarka Mięsną.
- [4] Kołozyn-Krajewska D., Sikora T.: Towaroznawstwo żywności, Warszawa 2004, WSiP.
- [5] Honikel K.O.: Moisture and Water Holding Capacity. Handbook of Muscle Foods Analysis. Edited by Leo M.L. Nollet, Fidel Toldra, CRC Press of Taylor and Francis Group, New York 2009.
- [6] Modzelewska-Kapitula M. & Cierach M.: Effect of pressure and sample weight on free water content in beef estimated according to Grau-Hamm method using computer image analysis. Nauka Przyr. Technol. 3, 4, #144, 2009.
- [7] Ponce-Alquicira E.: Poultry marination. Handbook of Food Products Manufacturing. Edited by Y.H. Hui, Copyright John Wiley & Sons California, 2007.
- [8] Rejt J, Kubicka H., Pisula A.: Changes of physical and chemical properties and of histological structure of meat subjected to massage under vacuum, Institute of Food Technology, Warsaw 1977.
- [9] Sencio M., Tomkiewicz D.: Application of Modified Grau-Hamm Method for Meat Quality; 2011 CIGR Section VI International Symposium on Towards a Sustainable Food Chain Food Process, Nantes.
- [10] Tomkiewicz D., Kopec A.: Zastosowanie Metod Przetwarzania Obrazu do Oceny Zawartości Tłuszczu w Mięsie Wieprzowym. (The Application of Image Processing Methods for Evaluation of Fat Content in Pork). Inżynieria Rolnicza 2 (100), 2008.