

## **ZASTOSOWANIE METODY KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO OZNACZENIA ZDOLNOŚCI UTRZYMANIA WODY WŁASNEJ PRZEZ MIĘSO**

**Halina Makala**

Institut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego  
Zakład Technologii Mięsa i Tłuszczu  
ul. Jubilerska 4, 04-190 Warszawa  
halina.makala@ibprs.pl

### **Streszczenie**

Celem pracy była ocena zastosowania metody komputerowej analizy obrazu do oznaczenia zdolności utrzymania wody własnej przez mięso. Badania zdolności utrzymania wody przez mięso przeprowadzono na mięsie drobiowym, uzyskanym z brojlerów kurzych żywionych mieszankami standardowymi i wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczowe, na mięśniach piersiowych i udowych oraz na mięsie wieprzowym normalnym i z wadą PSE oraz po procesie masowania. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż technika komputerowej analizy obrazu może być zastosowana w procedurze oznaczania wody wolnej zarówno w mięsie drobiowym, jak i wieprzowym na etapie wyznaczania na bibule pola powierzchni plam mięsa i wyciśniętej wody. Zależność oznaczenia zdolności utrzymania wody własnej przez mięso można opisać równaniem liniowym w całym badanym zakresie.

**Słowa kluczowe:** mięso drobiowe, mięso wieprzowe, zdolność utrzymania wody, komputerowa analiza obrazu, pomiar planimetryczny

## **APPLICATION OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS SYSTEM FOR DESIGNATION OF LIVING WATER CAPACITY BY OWN MEAT**

### **Summary**

The aim of this study was to evaluate the use of computer image analysis system to determine the ability to maintain their own water through the meat. Tests ability to retain water for the meat was carried out on poultry meat, obtained from broilers fed with mixtures of standard and enriched in unsaturated fatty acids on breast and thigh muscles and pork normal and defective (PSE), and the massaging process. The study results showed that the

computer image analysis technique can be used in the procedure for determination of both free water in poultry and pigs at the stage of determining the surface area on the paper stains extruded meat and water. Dependence determine the ability of water to maintain their own meat can be described by a linear equation in the whole investigated range.

**Key words:** poultry, pork water holding capacity, computer image analysis, measurement of planimetric

## WSTĘP

W produktach spożywczych woda jest jednym ze składników a zarazem czynników wpływających na intensywność procesów biochemicznych, chemicznych i fizycznych, decydujących o rozwoju drobnoustrojów. Wykazuje właściwości istotne dla procesów technologicznych a także jakości i trwałości tworzonego produktu [Lewicki 2003].

Zdolność utrzymania i wiązania zarówno wody własnej, jak i dodanej pełni istotną rolę, szczególnie w przetwórstwie mięsa. Po śmierci zwierzęcia woda ma duże znaczenie jako rozpuszczalnik dla substancji biorących udział w procesach dojrzewania mięsa. Offer i Cousins (1992) stwierdzili, że w wyniku przemian poubojowych następuje przegrupowanie wody z komórki do przestrzeni pozakomórkowej. Woda gromadząca się w tych przestrzeniach stanowi źródło wycieku. Związane jest to z występowaniem na rynku mięsa surowca wadliwego [Borzuta, Pospiech 1999; Borzuta 2012] i jego ograniczonymi możliwościami przetwórczymi.

Interakcja wody i struktur białkowych komórki mięśniowej jest odpowiedzialna za właściwości fizyczne, organoleptyczne i technologiczne, w tym za bardzo pożądaną cechę jakościową mięsa i jego przetworów, jaką jest kruchość. Wzajemne oddziaływanie polipeptydowych łańcuchów białkowych z cząsteczkami wody w tkance mięśniowej jest odzwierciedleniem zróżnicowanej budowy strukturalnej i stopnia pofałdowania białek [za: Dolatowski i wsp. 2004].

Woda zawarta w mięsie, z uwagi na jej pochodzenie, może występować jako woda naturalna lub woda obca. Zawartość wody w mięsie może dochodzić do 80%. Woda związana w postaci wody hydratacyjnej stanowi od 4 do 5% całkowitej ilości wody zawartej w mięsie [Młodecki, Piekarski 1987; Cybulska 2002; Modzelewska-Kapituła, Cierach 2012].

Woda wolna utrzymuje się w mięsie w przestrzeniach międzykomórkowych, gdzie działają siły osmotyczne i kapilarne. Rozpuszczone są w niej składniki mięsa, wolne aminokwasy oraz inne substancje białkowe i niebiałkowe, sole mineralne, cukry, kwasy organiczne i niektóre witaminy [Niewiarowicz 1993]. Woda wolna wypływa z mięsa

w postaci wycieku w sposób swobodny, jest luźno powiązana z białkami [Kończak 2011]. Można ją usunąć z mięsa, stosując nacisk lub poprzez działanie siły odśrodkowej [Pipek i in. 2005; Kończak i in. 2007].

Woda jest związkiem bardzo reaktywnym, pełniącym rolę uniwersalnego rozpuszczalnika i czynnika dyspergującego. W przetwórstwie mięsa rolę wody rozpatruje się nie tylko jako naturalnego, głównego składnika tkanki mięśniowej, lecz również jako substancji dodawanej w procesie przetwórczym, kształtującej cechy reologiczne farszów i wytworzonych z nich wyrobów. Ma ona duże znaczenie w tworzeniu struktury farszu, powodując nawodnienie i rozpuszczenie uwolnionych z włókien mięśniowych białek i tworzy wraz z rozpuszczonymi w niej niskocząsteczkowymi związkami fazę rozpraszającą. Ułatwia termohydroлизę skleroprotein, podnosi soczystość i pożądalność smakowości wędlin. Bardzo duże znaczenie, szczególnie w przetwórstwie mięsa, ma wodochłonność, gdyż decyduje o soczystości i właściwościach reologicznych produktów, a także ubytku masy wskutek obróbki cieplnej. Jest ona wskaźnikiem oceny wpływu różnych parametrów obróbki na właściwości mięsa i stan białek. Wpływa także na wydajność wędlin [Wirth 1985; Dolatowski, Twarda 2002; Cybulska 2002; Krzywdzińska-Bartkowiak, Dolata 2005].

Wizyjne techniki analizy obrazu (KAO – komputerowa analiza obrazu) stosowane są do oceny jakości surowców i produktów, umożliwiając m.in. określenie zawartości tkanki tłuszczowej w mięsie, marmurkowatości mięsa wołowego i obecności tłuszczu śródmięśniowego. Technikę analizy obrazu można zastosować m.in. do klasyfikacji jakościowej surowca, do oceny zawartości tłuszczu i białka w mięsie, do określenia związania wody w trakcie procesu technologicznego. Na podstawie zróżnicowania struktury materiału można scharakteryzować i ocenić jakość przetworów mięsnych. Oprogramowanie stosowane w technice wizyjnej pozwala na dokonywanie pomiarów planimetrycznych, stereometrycznych, histochemicznych oraz monitoringu i analizy kształtu [CSS 2006, Makąła 1995; Makąła, Olkiewicz 2001; Wajdzik 2004; Magda 2011; Modzelewska-Kapituła, Cierach 2012].

Celem pracy było określenie zdolności utrzymania wody własnej przez mięso drobiowe i wieprzowe metodą komputerowej analizy obrazu i metodą planimetryczną.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Ocenę zdolności utrzymania wody własnej przeprowadzono w mięsie drobiowym na mięśniach piersiowych i udowych, brojlerów żywionych mieszankami standardowymi i wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczowe oraz w mięsie wieprzowym na mięśniach *m. semimembranosus* pobranych z mięsa normalnego (N) i wadliwego, typu PSE, oraz po procesie masowania.

Badanie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach na 16 próbkach mięśni piersiowych i udowych brojlerów żywionych mieszankami standardowymi (wariant kontrolny – K) lub mieszankami wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczowe (wariant doświadczalny – D). Materiał do badań uzyskano z hodowli doświadczalnej. Oznaczenie przeprowadzono 24 godziny po uboju. Średnie wartości pH mięśni piersiowych zarówno w grupie doświadczalnej, jak i kontrolnej wynosiły średnio 5,8, zaś mięśni udowych, również niezależnie od paszy stosowanej w karmieniu kurcząt, zarówno w grupie doświadczalnej, jak i kontrolnej – 6,2.

Mięso wieprzowe kupowano w zakładach mięsnych. Klasyfikacji na mięso normalne i wadliwe dokonywano 24 godziny po uboju na podstawie pomiarów:  $pH_{24}$  oraz przewodności elektrycznej. Za mięso normalne uznawano próby, dla których pH mieściło się w granicach od 5,5 do 6,0, zaś przewodność elektryczna wynosiła poniżej 10 mS. Do mięsa wadliwego zaliczano próby, dla których pH było niższe od 5,5, zaś przewodność elektryczna kształtowała się powyżej 15 mS [Pospiech i in. 2011]. Próby mięsa poddawano rozdrabnianiu i uplastycznieniu na szarpaku, a następnie masowaniu z 30% dodatkiem solanki peklującej w stosunku do masy mięsa. Ocenę zdolności utrzymania wody własnej prowadzono na mięśniach obu rodzajów mięsa oraz na mięsie po procesie masowania [Makała, Olkiewicz 2001].

Badania zdolności utrzymania wody własnej w mięsie drobiowym, wieprzowym i po masowaniu przeprowadzono dwoma metodami: metodą tradycyjną, wykonując pomiary wody wolnej w mięsie z zastosowaniem planimetru oraz systemem komputerowej analizy obrazu – techniką komputerowej analizy obrazu.

Zdolność utrzymania wody własnej przez mięso oznaczano metodą bibułową opracowaną przez Wołowińską i Kelmana (1961). Metoda ta polegała na wykorzystaniu bibuły filtracyjnej do wchłaniania soku mięsnego, uwolnionego z próbki mięsa poddanej działaniu mechanicznego ucisku.

Do badań zastosowano twardą bibułę filtracyjną, uprzednio wysuszoną do stałej masy i kondycjonowaną w eksykatorze. Dla oznaczenia wodochłonności bibuły filtracyjnej,

stosowanej w badaniu, nanoszono na nią po 0,3 cm<sup>2</sup> wody destylowanej. Określano wielkość powierzchni plamy wody (P) i ilość wody (W) przypadającą na 1 cm<sup>2</sup> nacieku:

$$W = \frac{a \cdot b}{P} [\text{cm}^2]$$

W – średnia wielkość powierzchni plamy wody przypadająca na 1 cm<sup>2</sup> zacieku [cm<sup>2</sup>]

a – ilość naniesionej wody na bibułę [cm<sup>2</sup>]

b – powierzchnia przypadająca na 1 cm<sup>2</sup> zacieku

P – średnia powierzchnia plamy powstałej z wody naniesionej na bibułę [cm<sup>2</sup>]

Naważone próbki mięsa o masie ok. 300 mg ± 0,1mg umieszczano na środku bibuły i obciążano ciężarkiem o masie 1 kg przez 20 minut. Po tym czasie planimetrowano powierzchnię plamy wycieku z mięsa i powierzchnię plamy mięsa. Z różnicy zmierzonych powierzchni wyznaczano zdolność utrzymania wody własnej przez mięso, którą odnoszono do masy badanej próbki, wyrażając uzyskany wynik w procentach, wg wzoru:

$$W_w = \frac{W (P_n - P_m)}{m} 100 [\%]$$

W<sub>w</sub> – zdolność utrzymania wody własnej [%]

W – średnia wielkość powierzchni plamy wody destylowanej na bibule przypadająca na 1 cm<sup>2</sup> zacieku [cm<sup>2</sup>]

P<sub>n</sub> – średnia powierzchnia plamy wycieku wody z mięsa [cm<sup>2</sup>]

P<sub>m</sub> – średnia powierzchnia plamy mięsa [cm<sup>2</sup>]

m – naważka próbki mięsa [g]

Modyfikacja stosowanej metody polegała na zastąpieniu planimetru do wyznaczania powierzchni plam wycieku i plam mięsa systemem komputerowej analizy obrazu. Pomiarzy zdolności utrzymania wody własnej przez mięso metodą analizy obrazu przeprowadzano na stanowisku do badań makroskopowych. Obrazy pól powierzchni plam mięsa i wyciśniętej wody rejestrowano kamerą typu CCD, zapisywano jako pliki graficzne na twardym dysku komputera, a następnie analizowano za pomocą programu Multiscan v.8.08 [mat. inf., Pipek i in. 2005]. Każdorazowo wykonywano po 10 powtórzeń jednostkowych pomiarów z każdego badanego obiektu doświadczalnego. Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Statgraphics for Windows ver. 3.1.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Otrzymane za pomocą obu metod wyniki oznaczenia zdolności utrzymania wody w mięsie drobiowym przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zdolność utrzymania wody własnej przez mięso drobiowe [%]

*Ability to maintain their own water by poultry meat [%]*

Badany materiał <i>Test material</i>	Metody oznaczeń / <i>Testing methodology</i>					
	KAO / VIA [%]			Planimetrycznie / <i>Planimetry</i> [%]		
Miara statystyczna / <i>Statistical measure</i>	liczba prób / <i>the number of attempts</i>	$\bar{x}$	$s_x$	liczba prób / <i>the number of attempts</i>	$\bar{x}$	$s_x$
MP / PM (K)	16x2	36,08 <sup>a</sup>	2,78	16x2	36,21 <sup>a</sup>	2,09
MU / TM (K)	16x2	36,12 <sup>a</sup>	3,71	16x2	36,27 <sup>a</sup>	2,70
MP / PM (D)	16x2	35,84 <sup>a</sup>	3,82	16x2	35,80 <sup>a</sup>	3,02
MU / TM (D)	16x2	36,27 <sup>a</sup>	2,68	16x2	35,25 <sup>a</sup>	2,96

$\bar{x}$  – średnia / *mean*

$s_x$  – odchylenie standardowe / *standard deviation*

MP – mięśnie piersiowe / *the pectoral muscles*

MU – mięśnie udowe / *thigh muscles*

<sup>a, b</sup> – średnie z różnymi indeksami w kolumnach są istotnie różne ( $p \leq 0,05$ ) / <sup>a, b</sup> – *means with different index in columns are significantly different ( $p \leq 0.05$ )*

K – wariant kontrolny/ *control variant*

D – wariant doświadczalny/ *experimental variant*

Zdolność utrzymania wody własnej przez mięso w mięśniach piersiowych (MP) brojlerów kontrolnych (K) oznaczonej metodą KAO wynosiła 36,08%, zaś planimetrycznie – 36,21% i była wyższa w porównaniu z jej zawartością w tej samej grupie mięśni brojlerów doświadczalnych (D), wynosząc odpowiednio 35,84% (met. KAO) i 35,80% (oznaczenie planimetryczne). Zdolność utrzymania wody przez mięso w mięśniach udowych (MU) brojlerów kontrolnych oznaczona metodą KAO wynosiła 36,12%, zaś planimetrycznie – 36,27% i była porównywalna do wartości uzyskanych w tej samej grupie mięśni brojlerów doświadczalnych, wynosząc odpowiednio 36,27% (met. KAO) i 35,25% (oznaczenie planimetryczne).

Zróżnicowany sposób żywienia brojlerów mieszankami standardowymi – „wariant K” i wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczowe – „wariant D” nie miał statystycznie istotnego wpływu na zdolność utrzymania wody przez mięso oznaczoną w obu grupach mięśni z zastosowaniem zarówno metody analizy obrazu, jak i metody planimetrycznej. Obserwowane tendencje i drobne zróżnicowanie w jej zawartości są wynikiem składu

chemicznego w obu ocenianych grupach mięśni oraz rodzaju i zróżnicowania w strukturze białek. Mięśnie udowe brojlerów charakteryzują się niższą zawartością wody i białek oraz wyższą zawartością kolagenu w porównaniu z mięśniami piersiowymi [Niewiarowicz 1993; Makala 2014].

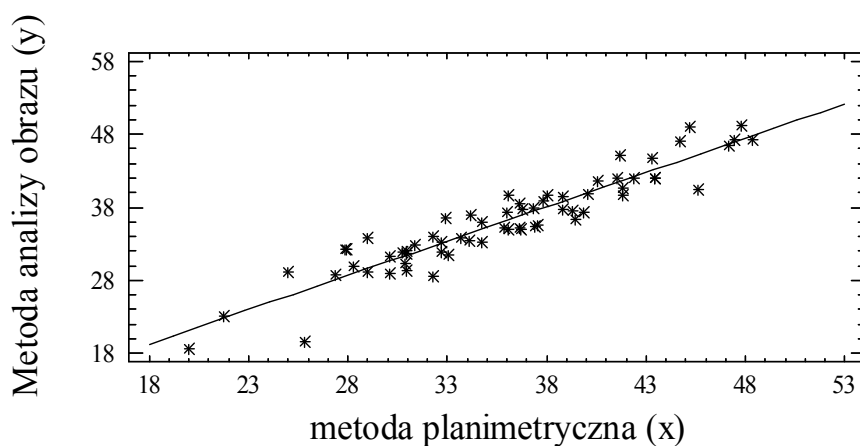
Pomiędzy zastosowanymi metodami oznaczania zdolności utrzymania wody własnej w mięsie drobiowym stwierdzono liniową zależność ( $r = 0,9394$  dla  $p \leq 0,05$ ), opisaną równaniem:

$$y = 2,3257 + 0,9408 x$$

y – zdolność utrzymania wody własnej z zastosowaniem systemu KAO

x – zdolność utrzymania wody własnej przy użyciu planimetru

Opisaną liniowo zależność pomiędzy zdolnością utrzymania wody własnej oznaczoną metodą planimetryczną i systemem KAO w mięsie drobiowym przedstawiono graficznie na rysunku 1. Uzyskane wartości zdolności utrzymania wody własnej na obu osiach są wyrażone w procentach.



**Rysunek 1.** Zdolność utrzymania wody własnej oznaczana metodą planimetryczną i systemem KAO w mięsie drobiowym [%]

*Free water content as determined by planimetry and VIA system in poultry meat [%]*

Uzyskane za pomocą obu metod wyniki oznaczenia wody wolnej, wyrażone procentowo, charakteryzujące badane typy mięsa wieprzowego oceniane na mięśniach *m. semimembranosus* pobranych z mięsa normalnego (N) i wadliwego, typu PSE, oraz po procesie masowania zestawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Zdolność utrzymania wody własnej przez mięso wieprzowe [%]

*Ability to maintain their own water by pork [%]*

Badany materiał / <i>Test material</i>	Metody oznaczeń / <i>Testing methodology</i>					
	KAO / VIA [%]			Planimetrycznie / <i>Planimetry</i> [%]		
Miara statystyczna / <i>Statistical measure</i>	Liczba prób / <i>The number of attempts</i>	$\bar{x}$	$S_x$	Liczba prób / <i>The number of attempts</i>	$\bar{x}$	$S_x$
Mięso normalne (N) / <i>Meat normal (N)</i>	3x5	16,75 <sup>bc</sup>	2,77	3x5	17,66 <sup>b</sup> c	3,06
Mięso po masowaniu, (N) / <i>Meat after massaging (N)</i>	12x5	8,99 <sup>a</sup>	1,39	12x5	9,20 <sup>a</sup>	1,61
Mięso z wadą PSE / <i>Meat soft (PSE)</i>	3x5	23,22 <sup>c</sup>	2,93	3x5	23,37 <sup>c</sup>	2,99
Mięso po masowaniu (PSE) / <i>Meat after massaging (PSE)</i>	12x5	14,33 <sup>b</sup>	2,06	12x5	14,69 <sup>b</sup>	2,15

$\bar{x}$  – średnia / *mean*

$s_x$  – odchylenie standardowe / *standard deviation*

<sup>a, b, c</sup> – średnie z różnymi indeksami w kolumnach są istotnie różne ( $p \leq 0,05$ ) / <sup>a, b, c</sup> – *means with different index in columns are significantly different ( $p \leq 0.05$ )*

Zdolność utrzymania wody własnej w mięsie wieprzowym normalnym oznaczona systemem wizyjnym KAO wynosiła 16,75%, metodą tradycyjną 17,66% i była statystycznie istotnie niższa niż w mięsie wadliwym, typu PSE, wynosząc odpowiednio 23,22% i 23,37%. Związane jest to z właściwościami mięsa PSE, które charakteryzuje się zmniejszeniem retencji w mięsie, dużym wyciekaniem i wystąpieniem cech jakościowych charakterystycznych dla mięsa wodnistego. Mięso to określane jest często jako tzw. „mięso płaczące”, wilgotne, ciekące, z obserwowanym na powierzchni wyciekaniem soku mięśniowego. Występuje u świń nieodpornych na stres, u których obecna jest uwarunkowana genetycznie mutacja receptora rianodynowego w retikulum sarkoplazmatycznym [Kończak 2011]. Woda wolna w tym typie mięsa była bardziej dostępna na działanie ucisku mechanicznego, który stosowano podczas oznaczania, niż w mięsie normalnym. Podobne wyniki uzyskano w badaniach nad jakością i technologiczną wydajnością mięsa normalnego i wadliwego wykonane przez Koćwin-Podsiadło i wsp. (1998) oraz Chmiel i wsp. (2012),



które wykazały, że próbki mięsa PSE pozostawiały istotnie większe powierzchnie plam wycieku w stosunku do pozostawianych przez próbki mięsa RFN.

Statystycznie istotnie wyższą zdolność utrzymania wody własnej stwierdzono w mięsie niepoddanym procesowi masowania. W mięsie normalnym (N) po masowaniu zdolność utrzymania wody własnej wynosiła 8,99% (metodą KAO) i 9,20% (metodą planimetryczną) i była istotnie niższa niż w mięsie niemassowanym. Również w mięsie wadliwym (PSE) po masowaniu obserwowano statystycznie istotne obniżenie zdolności utrzymania wody własnej, kształtujące się na poziomie 14,33% przy użyciu KAO i 14,69% w metodzie planimetrycznej. Istotne obniżenie zdolności utrzymania wody własnej w obu typach mięsa po masowaniu wiąże się przede wszystkim z działaniem soli obecnej w solance. Obserwacje te można próbować uzasadnić również zwiększeniem powierzchni i otwarciem struktury surowca (po rozdrobnieniu na szarpaku) oraz udostępnieniem białek mięsa dla działania solanki peklującej w procesie masowania [Wajdzik 2006; Dolata 2011]. Poprawa zdolności wiązania wody przez mięso PSE w wyniku jego solankowania świadczy o możliwości zagospodarowania tego surowca w innych produktach mięsnych po zastosowaniu substancji funkcjonalnych, modyfikujących jego właściwości technologiczne, co wykazali również Chmiel i wsp. (2012).

Pomiędzy zastosowanymi metodami oznaczania zdolności utrzymania wody własnej w mięsie wieprzowym stwierdzono liniową zależność ( $r = 0,9492$  dla  $p \leq 0,05$ ), opisaną równaniem:

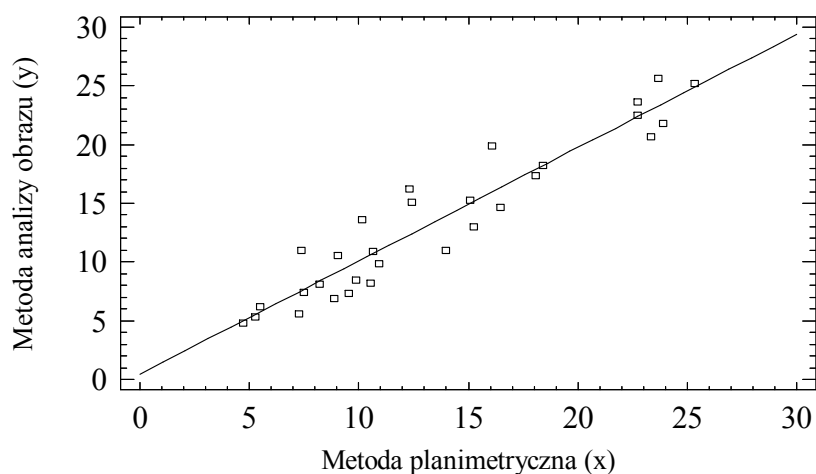
$$y = 0,4568 + 0,9642x$$

gdzie:

y – zdolność utrzymania wody własnej przy stosowaniu systemu KAO

x – zdolność utrzymania wody własnej przy stosowaniu planimetru.

Graficznie opisaną liniowo zależność przedstawiona na rysunku 2.



**Rysunek 2.** Zdolność utrzymania wody własnej oznaczona metodą planimetryczną i systemem KAO w mięsie wieprzowym [%]

*Free water content as determined by planimetry and VIA system in pig meat [%]*

## WNIOSKI

1. Ocena zdolności utrzymania wody własnej metodą ściskania próbki i pomiar powierzchni plamek (mięsa i wody wolnej, która wyciekła z wyciskanej próbki) zostały znacznie uproszczone dzięki wykorzystaniu komputerowej analizy obrazu.
2. Zastosowanie techniki wizyjnej umożliwia archiwizowanie analizowanych obrazów, rozdzielanie badanych powierzchni plam mięsa i ich przetwarzanie w komputerze.
3. Metody oznaczania zdolności utrzymania wody własnej z wykorzystaniem planimetru i techniki wizyjnej do wyznaczania powierzchni plamek mięsa i wycieku są ze sobą wysoko istotnie skorelowane, a charakter zależności opisuje równanie linii prostej dla obu rodzajów ocenianego mięsa.
4. Uzyskane wyniki oznaczenia zdolności utrzymania wody własnej w mięsie drobiowym wykazały, że sposób żywienia brojlerów, mieszankami standardowymi i wzbogaconymi w nienasycone kwasy tłuszczowe, nie miał statystycznie istotnego wpływu na zawartość wody wolnej oznaczonej w obu grupach mięśni zarówno przy użyciu metody analizy obrazu, jak i metody planimetrycznej.

5. Badane próby mięsa normalnego i z wadą PSE charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością wody wolnej. Mięso PSE wykazywało o około 40% wyższy poziom wody wolnej niż mięso normalne.
6. Proces masowania z dodatkiem 30% solanki powodował ponad 40% obniżenie poziomu wody wolnej w stosunku do mięsa surowego, zarówno normalnego, jak i PSE.

### **PIŚMIENNICTWO**

1. Borzuta K., Pospiech E. (1999). Analiza korzyści związanych ze wzrostem mięsności tuczników oraz strat spowodowanych pogorszeniem jakości mięsa. *Gospodarka Mięsna*, 9, 36-40
2. Borzuta K. (2012). Dobrostan w produkcji i obrocie żywcem rzeźnym oraz jego związek z jakością mięsa. *Post. Nauki Technol. Przem. Rol.-Spoż.*, 67 (2), 59-80
3. Chmiel M., Słowiński M., Dasiewicz K., Mościcka K. (2012). Porównanie jakości technologicznej mięsa wieprzowego zaklasyfikowanego do różnych grup jakości. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 570, 19-29
4. Cybulska E. (2002). Woda jako składnik żywności. W: *Chemia żywności*, pod red. E. Sikorskiego, 55-72
5. Dolata W. (2011). Operacje jednostkowe stosowane w przetwórstwie mięsa. W: *Mięso – Podstawy nauki i technologii*, pod red. A. Pisuli i E. Pospiecha, Warszawa: Wyd. SGGW, 363-366
6. Dolatowski Z., Twarda J. (2002). Rola wody w mięsie. *Mięso i Wędliny*, 8, 32-34
7. Dolatowski Z., Twarda J., Dudek. (2004). Zmiany uwodnienia mięsa podczas dojrzewania. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 4, 1595-1606
8. Koćwin-Podsiadła M., Przybylski W., Kaczorek S., Krzęcio E. (1998). Quality and technological yield of PSE (Pale, Soft, Exudative)-, Acid- and Normal pork. *Polish J. Food Nutrition Sci.*, 48 (7), 217-222
9. Kołczak T., Krzysztoforski K., Palka K. (2007). The effect of post-mortem ageing and heating on water retention in bovine muscles. *Meat Sci.*, 75, 655-660
10. Kołczak T. (2011). Składniki chemiczne mięsa. Woda. W: *Mięso – Podstawy nauki i technologii*, pod red. A. Pisuli i E. Pospiecha. Warszawa: Wyd. SGGW, 142-149
11. Krzywdzińska-Bartkowiak M., Dolata W. (2005). Wpływ dodatku wody na mikrostrukturę drobno rozdrobnionych farszów mięsnych i wyprodukowanych z nich wędlin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (44) Supl., 121-130
12. Lewicki P. (2003). Woda jako składnik żywności. *Przemysł Spożywczy*, 57 (5), 8-14

13. Magda F. (2011). Techniki wizyjne do oceny jakości mięsa. *Gospodarka Mięsna*, 5, 12-16
14. Makała H. (1995). Komputerowa analiza obrazu w ocenie surowców i gotowej żywności. *Przem. Spoż.*, 49 (5), 158
15. Makała H., Olkiewicz M. (2001). Zastosowanie systemu analizy obrazu (VIA) do oceny zawartości wody wolnej w mięsie wieprzowym. XXXII Sesja Naukowa KTiChŻ PAN, Materiały konferencyjne – płyta CD
16. Makała H. (2014). Wpływ żywienia na jakość mięśni piersiowych i udowych kurcząt brojlerów. *Medycyna Weterynaryjna* (w druku)
17. Materiały informacyjne firmy CSS Multiscan v. 8.08, (2006)
18. Młodecki H., Piekarski L. (1987). Zagadnienia zdrowotne żywności. Warszawa: PZWL, 374
19. Modzelewska-Kapituła M., Cierach M. (2012). Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do oznaczania zawartości wody wolnej w mięsie metodą Graua-Hamma – wpływ wielkości nacisku i czasu na wynik oznaczenia. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 1, ¼, 23-25
20. Niewiarowicz A. 1993. Struktura, skład chemiczny, zmiany poubojowe i smakowitość mięsa drobiowego. W: *Technologia mięsa drobiowego*, pod red. T. Grabowskiego
21. Offer G., Cousins T. (1992). The mechanism of drip production: formation of two compartments of extracellular space in muscle post mortem. *J. Sci. Food Agric.*, 58, 107-116
22. Pipek P., Schleusner H., Pudil F., Jelenikova J. (2005). Bewertung von Wasserbildungsvermögen mittels Videoimageanalyse. *Fleischwirtschaft*, 6, 101-103
23. Pospiech E., Iwanowska A., Montowska M. (2011). Surowce zwierzęce i ich jakość. Jakość surowca mięsnego i jej uwarunkowania. Wady mięsa i możliwości ograniczenia ich negatywnego wpływu na jakość. W: *Mięso – Podstawy Nauki i Technologii*, pod red. A. Pisula, E. Pospiecha. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 231-249
24. Wajdzik J. (2004). Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do oceny zmian w mięsie szynek. *Gospodarka mięsna*, 6, 18-21
25. Wirth F. (1985). Wasserbindung, Fettbindung, Strukturbildung. *Fleischwirt.*, 65 (1), 10-20
26. Wolovinska W., Kelman B. (1961). Razrabotka metodov opredelenija wlagopogłashhaemosti mjasa. *Tr. VN II MP*, cz. 2, 128-134