

**ROZPRAWY NAUKOWE**  
**517**

**MIROŚŁAWA KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK**

**WYKORZYSTANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU  
DO OCENY STRUKTURY I RÓŻNICOWANIA JAKOŚCI  
WYBRANYCH PRODUKTÓW MIĘSNYCH**



**POZNAŃ 2019**

## WYKORZYSTANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO OCENY STRUKTURY I RÓŻNICOWANIA JAKOŚCI WYBRANYCH PRODUKTÓW MIĘSNYCH

### ABSTRAKT

**Celem pracy** było stwierdzenie, czy na podstawie określenia charakterystyki strukturalnej wyrobów mięsnych można różnicować ich jakość. Założono, że otrzymane wyniki pozwolą wykazać wpływ procesu technologicznego na strukturę, a w konsekwencji na teksturę, jakość sensoryczną i parametry fizykochemiczne wyrobów mięsnych; ocenić, który z analizowanych dodatków będących zamiennikami tłuszczu zwierzęcego wywiera większy wpływ na jakość wędlin drobno rozdrobnionych; stwierdzić, w jaki sposób parametry techniczne kutra mają wpływ na rozmieszczenie tłuszczu w gotowym produkcie, a w konsekwencji na jego teksturę i jakość sensoryczną.

**Materiał i metody.** Materiał do badań w pierwszym zadaniu badawczym stanowiły mięśnie półbłoniasty i czterogłowego uda poddane procesowi nastrzykiwania, masowania i pasteryzacji. W kolejnym zadaniu materiałem doświadczalnym były pasztety sterylizowane, w których tłuszcz zwierzęcy wymieniało się na całości na tłuszcz roślinny Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW i Akoroma LS oraz farsze i wyprodukowane z nich wyroby drobno rozdrobnione typu parówkowa, w których różnicowano zawartość tłuszczu zwierzęcego, zastępując go tłuszczem roślinnym Akoroma OM w ilości 50, 75 i 100%. W ostatnim zadaniu badawczym materiałem doświadczalnym były drobno rozdrobnione farsze i wyroby typu parówkowa wyprodukowane w kutrze misowym i przelotowym. W farszach drobno rozdrobnionych analizowano właściwości reologiczne oraz zawartość wody wolnej i wycieku cieplnego, natomiast w gotowych wyrobach oznaczano podstawowy skład chemiczny, barwę metodą instrumentalną, właściwości penetrometryczne i teksturę. Ponadto po każdym etapie procesu technologicznego produkcji szynki pasteryzowanych oraz w pasztetach sterylizowanych i wyrobach drobno rozdrobnionych dokonywano analizy morfometrycznej, a gotowe wyroby poddawano ocenie konsumenckiej.

**Wyniki.** Badania wykazały, że mięsień półbłoniasty charakteryzował się większą dynamiką zmian wielkości elementów strukturalnych w procesie masowania i pasteryzacji niż mięsień czterogłowy uda. Proces nastrzyku solanką peklującą spowodował obkurczenie się komórek włókien mięśniowych w obu badanych mięśniach. Pozostająca w przestrzeniach międzykomórkowych solanka spowodowała ściśnięcie komórek, której wchłonięcie do wnętrza włókna nastąpiło dopiero podczas procesu masowania, a proces pasteryzacji utrwalił wytworzoną strukturę. Zarówno analiza siły cięcia, jak i ocena konsumencka wykazały, że szynki z obu mięśni charakteryzowały się wysokim poziomem kruchości. W pasztetach sterylizowanych całkowite zastąpienie tłuszczu zwierzęcego tłuszczami roślinnymi miało istotny wpływ na kształtowanie się barwy oraz podstawowego składu chemicznego gotowego produktu. Wykazano, że najlepszym rozdrobnieniem i dyspersją tłuszczu, a także pożądanymi cechami mechaniczno-sensorycznymi, charakteryzował się pasztet sterylizowany wyprodukowany z całkowitą zamianą tłuszczu zwierzęcego na

tłuszcz roślinny Akoroma OM. Stwierdzono, że w kielbasie parówkowej zamiana tłuszczu zwierzęcego w ilości powyżej 50% na Akoroma OM powoduje pogorszenie dyspersji tłuszczu, tekstury i walorów sensorycznych. Komputerowa analiza obrazu wykazała, że zastosowanie kutra przelotowego w produkcji farszów drobno rozdrobnionych daje większy stopień rozdrobienia tkanki łącznej i tłuszczowej oraz lepsze właściwości sensoryczne gotowego produktu.

**Wnioski.** Analiza histometryczna dostarczyła cennych informacji na temat jakości produktu, a wykonane pomiary elementów struktury (komórki włókien mięśniowych, cząstki tłuszczu, włókna kolagenowe), za pomocą techniki komputerowej analizy obrazu, pozwoliły na ocenę zróżnicowania mikrostruktury oraz na wybór surowca do produkcji szynek, odpowiedniego zamiennika tłuszczu zwierzęcego, a także urządzenia do produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych.

**Słowa kluczowe:** komputerowa analiza obrazu, nastrzyk solanką peklującą, masowanie, pasztet sterylizowany, tłuszcz roślinny, tekstura, włókna kolagenowe, ocena konsumencka, kielbasy drobno rozdrobnione

## **APPLICATION OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS TO ASSESS STRUCTURE AND DIFFERENTIATE QUALITY OF SELECTED MEAT PRODUCTS**

### **ABSTRACT**

**The aim of this study** was to determine whether the quality of meat products may be differentiated based on their structural characteristics. It was assumed that the results will (i) confirm the effect of the technological process on the structure, and as a consequence on texture, sensory quality and physico-chemical parameters of meat products; (ii) show which of the analysed additives being animal fat substitutes has a greater effect on quality of finely comminuted sausages; (iii) indicate how technical parameters of the cutter affect fat distribution in the final product, and as a consequence its texture and sensory quality.

**Material and methods.** Material for analyses in the first research task comprised the semimembraneous muscle and the quadriceps muscle of the thigh subjected to brine injection, massaging and pasteurisation. In the next task the experimental material consisted of sterilised pates, in which 100% of animal fat was replaced with vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW and Akoroma LS, as well as batters and the resulting finely comminuted wiener sausage, in which animal fat content was varied by substitution with Akoroma OM vegetable fat added at 50, 75 and 100%. In the last research task the experimental material comprised finely comminuted batters and wiener type sausage produced in a bowl chopper and an emulsifier. Finely comminuted batters were analysed in terms of their rheological properties as well as contents of free water and thermal drip, while in final products their basic chemical composition and colour were determined using the instrumental method, along with penetrometric properties and texture. Moreover, after each stage of the technological process in the production of pasteurised hams as well as sterilised pates and finely comminuted products morphometric analyses were performed, while final products were subjected to consumer trait evaluation.

**Results.** Analyses showed that the semimembraneous muscle was characterised with greater dynamics of changes in the level of structural elements in the process of massaging and pasteurisation when compared to the quadriceps muscle of the thigh. Injection of curing brine resulted on shrinkage of muscle fibre cells in both analysed muscles. Brine remaining in the intercellular spaces caused compression of cells, which were absorbed inside the fibre only during the massaging process, while pasteurisation preserved the produced structure. Both the shear force analysis and consumer evaluation showed that hams from both muscles were characterized by high tender. In sterilised pates the 100% animal fat substitution with vegetable fats had a significant effect on the colour and the basic chemical composition of the final product. It was shown that the best comminution and fat dispersion as well as advantageous mechanical and sensory attributes were observed in sterilised pate produced with 100% replacement of animal fat with vegetable fat Akoroma OM. It was observed that animal fat substitution with Akoroma OM in

the amount exceeding 50% in wiener sausage results in a deterioration of fat dispersion, texture and sensory attributes. Computer image analysis showed that the use of an emulsifier to produce finely comminuted batters provides a greater degree of comminution of the connective and fatty tissues as well as better sensory attributes of the final product.

**Conclusions.** Histometric analysis provided valuable information on the quality of the product, while performed measurements of structure elements (muscle fibre cells, fat globules, collagen fibres). The applied computer image analysis facilitated evaluation of diversification of microstructure and selection of the raw material for the production of hams, appropriate animal fat substitute as well as most suitable equipment for the production of finely comminuted products.

**Keywords:** computer image analysis, injection with curing brine, massaging, sterilised pate, vegetable fat, texture, collagen fibre, consumer evaluation, finely comminuted sausage

KOMITET REDAKCYJNY

**Anna Golcz, Stanisław Grześ, Jolanta Komisarek, Andrzej Krauss,  
Andrzej Mazur, Sebastian Nowaczewski, Julita Reguła, Arkadiusz Sadowski,  
Jacek Wójtowski (przewodniczący), Anna Zielińska-Krybus**

Redaktor Działu  
**dr hab. Julita Reguła**

Recenzent  
**dr hab. inż. Joanna Żochowska-Kujawska**  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie



Książka jest dostępna na licencji Creative Commons – Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-ND 4.0)

©Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu  
Poznań 2019, Poland

ISSN 1896-1894  
ISBN 978-83-7160-935-0  
e-ISBN 978-83-67112-80-2  
<https://doi.org/10.17306/978-83-67112-80-2>

Redakcja  
Anna Zielińska-Krybus

Skład i łamanie  
Donata Latusek

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO W POZNANIU ul.  
Witosa 45, 60-693 Poznań  
tel.: 61 848 7808, e-mail: [wydawnictwo@up.poznan.pl](mailto:wydawnictwo@up.poznan.pl)  
<https://wydawnictwo.up.poznan.pl/>

Ark. wyd. 7,8

Wersja elektroniczna dostępna na stronie <https://wydawnictwo.up.poznan.pl/books.html?dostepnosc=open%20access> oraz w serwisie <https://www.ibuk.pl/>

## SPIS TREŚCI

WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI . . . . .	9
1. WSTĘP . . . . .	11
2. PRZEGLĄD LITERATURY . . . . .	12
2.1. Znaczenie komputerowej analizy obrazu w ocenie jakości żywności . . . . .	12
2.2. Istota komputerowej analizy obrazu . . . . .	13
2.3. Możliwości zastosowania komputerowej analizy obrazu w technologii mięsa . . . . .	14
2.4. Kształtowanie jakości mięsa i wyrobów mięsnych . . . . .	15
3. CEL PRACY . . . . .	19
4. MATERIAŁ I METODY BADAŃ . . . . .	20
4.1. Przygotowanie surowca i proces produkcji wyrobów masowanych . . . . .	20
4.2. Proces produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych . . . . .	20
4.2.1. Pasztesy sterylizowane i charakterystyka roślinnego komponentu tłuszczowego . . . . .	20
4.2.2. Kielbasa parówkowa . . . . .	22
4.3. Oznaczanie zawartości białka, wody i tłuszczu . . . . .	23
4.4. Oznaczanie wartości pH . . . . .	24
4.5. Oznaczanie barwy metodą instrumentalną . . . . .	24
4.6. Badania tekstury i właściwości reologicznych . . . . .	25
4.7. Oznaczanie wycieku cieplnego i wody wolnej . . . . .	25
4.8. Analiza morfometryczna elementów struktury . . . . .	26
4.8.1. Wykonanie preparatów histologicznych . . . . .	26
4.8.2. Komputerowa analiza obrazu . . . . .	26
4.9. Konsumentcka ocena sensoryczna . . . . .	27
4.10. Analiza statystyczna . . . . .	27
5. WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH I DYSKUSJA . . . . .	28
5.1. Wpływ nastrzyku solanką peklującą, masowania i pasteryzacji na jakość wieprzowych mięśni <i>semimembranosus</i> (SM) i <i>quadriceps femoris</i> (QF) . . . . .	28
5.1.1. Wprowadzenie . . . . .	28
5.1.2. Wpływ etapu procesu technologicznego na wartości pH i podstawowy skład chemiczny mięśni SM i QF . . . . .	28
5.1.3. Wpływ etapu procesu technologicznego na wartości siły cięcia i ocenę sensoryczną mięśni SM i QF . . . . .	32

5.1.4.	Wpływ etapu procesu technologicznego na mikrostrukturę mięśni SM i QF . . . . .	34
5.2.	Wpływ substytucji tłuszczu zwierzęcego tłuszczem roślinnym na jakość wyrobów drobno rozdrobnionych typu pasztet i kielbasa parówkowa . . . . .	41
5.2.1.	Wprowadzenie . . . . .	41
5.2.2.	Podstawowy skład chemiczny pasztetów sterylizowanych . . . . .	41
5.2.3.	Barwa pasztetów sterylizowanych . . . . .	44
5.2.4.	Tekstura i ocena sensoryczna pasztetów sterylizowanych . . . . .	46
5.2.5.	Wielkość i zdyspergowanie cząstek tłuszczu w pasztetach sterylizowanych . . . . .	50
5.2.6.	Związanie wody i struktura farszów drobno rozdrobnionych . . . . .	55
5.2.7.	Podstawowy skład chemiczny kielbas . . . . .	58
5.2.8.	Barwa i parametry tekstury kielbas . . . . .	58
5.2.9.	Ocena konsumentcka kielbas . . . . .	62
5.2.10.	Wielkość i zdyspergowanie cząstek tłuszczu w kielbasach . . . . .	63
5.3.	Wpływ rodzaju kutra na jakość kielbas drobno rozdrobnionych . . . . .	67
5.3.1.	Wprowadzenie . . . . .	67
5.3.2.	Podstawowy skład chemiczny kielbas . . . . .	68
5.3.3.	Tekstura i wyróżniki oceny sensorycznej kielbas . . . . .	69
5.3.4.	Mikrostruktura kielbas wyprodukowanych w kutrze misowym i przelotowym . . . . .	71
6.	PODSUMOWANIE . . . . .	75
7.	WNIOSKI . . . . .	78
8.	LITERATURA . . . . .	79



## WYKAZ SKRÓTÓW I SYMBOLI

Akoblend BEP	– częściowo utwardzony i deodoryzowany tłuszcz roślinny
Akoroma Ls	– rafinowany tłuszcz roślinny o niskiej zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych i wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych
Akoroma OM	– rafinowany tłuszcz roślinny o wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych
Akoroma OMW	– rafinowany tłuszcz roślinny o wysokiej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych wzbogacony w witaminę E
CIA	– Computer Image Analysis (komputerowa analiza obrazu)
SM	– mięsień półbłoniasty ( <i>musculus semimembranosus</i> )
RSM	– mięsień półbłoniasty ( <i>musculus semimembranosus</i> ) surowy
NSM	– mięsień półbłoniasty ( <i>musculus semimembranosus</i> ) nastrzyknięty
MSM	– mięsień półbłoniasty ( <i>musculus semimembranosus</i> ) masowany
PSM	– mięsień półbłoniasty ( <i>musculus semimembranosus</i> ) pasteryzowany
QF	– mięsień czterogłowy uda ( <i>musculus quadriceps femoris</i> )
RQF	– mięsień czterogłowy uda ( <i>musculus quadriceps femoris</i> ) surowy
NQF	– mięsień czterogłowy uda ( <i>musculus quadriceps femoris</i> ) nastrzyknięty
MQF	– mięsień czterogłowy uda ( <i>musculus quadriceps femoris</i> ) masowany
PQF	– mięsień czterogłowy uda ( <i>musculus quadriceps femoris</i> ) pasteryzowany
Ww	– woda wolna



## 1. WSTĘP

W ostatnich latach w przemyśle spożywczym, w tym również przemyśle mięsnym, nastąpił znaczący postęp w zakresie zastosowania systemów wizyjnych w liniach produkcyjnych. Obecność systemów wizyjnych umożliwia produkcję towarów o dobrej jakości i przyczynia się równocześnie do zmniejszania kosztów produkcji. Dzieje się tak w wyniku znacznego postępu technologicznego, rozwoju technik komputerowych, powszechności cyfrowych aparatów fotograficznych i kamer wideo, a także coraz większych możliwości programowych. Informacje uzyskiwane dzięki zastosowaniu tej metody umożliwiają nie tylko ocenę barwy, lecz także precyzyjny i obiektywny opis rozmiaru, kształtu oraz tekstury za pomocą cech ilościowych. Technika ta pozwala na większą dokładność pomiaru i porównywalność ocenianych parametrów oraz skrócenie czasu trwania analiz. Połączenie komputerowej analizy obrazu z metodami histochemicznymi umożliwia uzyskiwanie informacji wyjaśniających zależności między mikrostrukturą, właściwościami fizycznymi i jakością żywności. Z kolei struktura żywności związana jest z wartością odżywczą, stabilnością chemiczną i mikrobiologiczną, a zastosowanie metod analizy obrazu i jego przetwarzanie dostarcza potrzebnych danych ilościowych do jej analizy (Aguilera, 2005; Kalab i in., 1995).

## 2. PRZEGLĄD LITERATURY

### 2.1. Znaczenie komputerowej analizy obrazu w ocenie jakości żywności

Mikroskopia żywności służy praktycznemu zastosowaniu uzyskanych informacji w technologii żywności, przy czym warunkiem zrozumienia znaczenia obserwacji mikroskopowych jest odpowiednie opanowanie mikroskopii i dobra znajomość procesów technologicznych (Fornal, 1990). Z kolei mikrostruktura żywności ma wpływ na kluczowe cechy produktu oceniane przez konsumentów, przy czym wiele z nich jest synergetycznych. Postępy w dziedzinie techniki mikroskopowej wraz z jednoczesnym ulepszeniem możliwości obliczeniowych umożliwiły lepsze zrozumienie struktury żywności oraz jej związku z właściwościami fizycznymi produktu (tak zwane relacje struktura – właściwości) (Aguilera, 2005; Aguilera i in., 2000). Wspomniane powyżej relacje mogą silnie wpływać na właściwości fizykochemiczne, funkcjonalne, technologiczne, a nawet odżywcze produktów spożywczych. Projekt produktu spożywczego musi uwzględniać zatem wszystkie te związki, przy jednoczesnym zachowaniu wysokich standardów, jakich oczekuje konsument. Dlatego z punktu widzenia inżynierii mikrostruktura jest bardzo ważnym elementem w analizie i ocenie żywności. Wprowadzić produkty spożywcze można analizować pod kątem ich składu chemicznego, jednak w tym przypadku uzyskuje się ograniczone informacje o strukturze, stanie fizycznym lub właściwościach sensorycznych. W związku z tym, że konsumenci coraz częściej interesują się jakością żywności oraz jej bezpieczeństwem i wpływem na stan zdrowia, producenci muszą dbać o utrzymanie dobrej jakości produktów, dobierając odpowiednie surowce do ich produkcji, kontrolując przebieg procesu technologicznego oraz stosując prawidłowe warunki przechowywania i transportu (Palka i in., 2010).

Jakość produktu jest kluczowym czynnikiem nowoczesnego przemysłu żywnościowego oraz podstawą sukcesu na konkurencyjnym rynku (Du i Sun, 2006b). Według Grębowiec (2014), aby zapewnić możliwość tworzenia jakości, uwzględniając struktury spożycia żywności, konieczne jest wprowadzanie nowoczesnych systemów zapewniania jakości, dzięki którym firmy są w stanie rozpoznać potrzeby klienta i wyjść naprzeciw jego oczekiwaniom. Wymagania rynku sprawiły, że producenci wyrobów mięsnych coraz częściej interesują się problematyką podniesienia i ujednolicenia jakości swoich wyrobów. Jakość jest uważana za źródło przewagi konkurencji na rynku (Zalewski, 2004). W literaturze przedmiotu występuje wiele definicji pojęcia jakości. W przypadku mięsa i wyrobów mięsnych stale aktualną jest ta, określająca jakość jako stopień zdrowotności, atrakcyjności sensorycznej i dyspozycyjności w szerokim, konsumenckim zakresie znaczeniowym, istotnym tylko w granicach możliwości wyznaczonych przewidzianymi dla tego produktu surowcami, technologią i ceną (Szczucki, 1970).

Jakość gotowego produktu zależy od wielu czynników. Należą do nich między innymi jakość materiałów oraz jakość maszyn i urządzeń stosowanych w procesie

technologicznym. Zależności między jakością technologiczną surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego, a ich cechami zewnętrznymi, w tym cechami wizualnymi można identyfikować stosując systemy wizyjne, które często łączy się z mikroskopią świetlną, czy elektronową. Takie połączenie technik dostarcza potrzebnych danych ilościowych do analizy, wpływa na rozszerzenie możliwości badawczych, powtarzalność i odtwarzalność wyników oraz zmniejszenie pracochłonności badań. W związku z potrzebą ciągłego doskonalenia jakości surowców, półproduktów, jak i gotowych wyrobów oraz stosowania jak najmniej inwazyjnych metod badania żywości, coraz powszechniej stosuje się komputerową analizę obrazu, którą wykorzystuje się zarówno w badaniach analitycznych, jak i w aplikacjach przemysłowych.

## 2.2. Istota komputerowej analizy obrazu

Z historycznego punktu widzenia zainteresowanie metodami cyfrowego przetwarzania obrazów związane było głównie z możliwością poprawienia jakości obrazu w celu ułatwienia jego interpretacji oraz ilościową analizą informacji zawartej w obrazie dla „rozpoznawania” lub „rozumienia” obrazu przez maszynę. Pierwsze próby cyfrowego przetwarzania przeprowadzono w 1920 r. Za pomocą kabla transatlantyckiego (telegraf) przesyłano treści gazet między Londynem i Nowym Jorkiem, co wpłynęło na zmniejszenie czasu dostarczania zdjęć z tygodnia do trzech godzin. Pojawienie się pierwszych maszyn cyfrowych w latach 50. ubiegłego wieku pozwoliło na przetwarzanie obrazów pochodzących z sond kosmicznych, co pozwoliło na uzyskanie bardziej obiektywnych informacji o Księżycu i planetach (Materka i Strumiłło, 2009). Pierwsze publikacje z zakresu komputerowej analizy obrazu (Computer Image Analysis – CIA), pojawiły się już na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego wieku. Od tego czasu komputerowa analiza obrazu znalazła zastosowanie w różnych dziedzinach nauki, między innymi w astronomii, astrofizyce, kartografii, meteorologii, geodezji, medycynie, biologii, wojskowości, kryminalistyce, przemyśle, rolnictwie czy kinematografii. Coraz szerzej wykorzystywana jest także w branżach przemysłu spożywczego (Dasiewicz i Chmiel, 2011; Guzek i in., 2011; Majkowska i in., 2013; Słowiński i in., 2007; Tadeusiewicz i Korohoda, 1997; Żmijewski, 2008).

Metoda komputerowej analizy obrazu opiera się na automatycznym przetwarzaniu i analizowaniu obrazów cyfrowych w celu wyodrębnienia istotnych informacji i porównania z określonymi wzorcami i standardami oraz podjęcia decyzji z udziałem człowieka lub bez jego udziału (Kapica i Makarski, 2009; Kozłowska i Kuberska, 2006; Leszczuk i Miastkowski, 2012; Żmijewski i Pomianowski, 2017).

Analiza obrazu przebiega najczęściej według kolejno następujących po sobie etapów. W pierwszym etapie pozyskuje się i wstępnie przetwarza obraz cyfrowy. Wstępne przetwarzanie ma wyeliminować z niego elementy nieistotne i zarazem uwypuklić interesujące cechy analizowanego obrazu. Prowadzi to do określonych zmian w obrazie, czego wynikiem jest również obraz. Rejestrowanie analizowanego

obrazu odbywa się za pomocą kamer, aparatów fotograficznych lub skanerów, ale również urządzeń wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie, fale elektromagnetyczne czy ultradźwięki. Ze względu na to, że badane obiekty różnią się wielkością i kształtem, stosuje się urządzenia wspomagające w postaci teleskopów czy różnego rodzaju mikroskopów (Antequera i in., 2007; Krzywdzińska-Bartkowiak i in., 2005b; Pérez-Palacios i in., 2014; Piepiórka-Stepuk i Tandecka, 2014; Torrente i in., 2006; Zheng i in., 2006). Rejestracja cyfrowych obrazów mikroskopowych odbywa się dzięki wprowadzeniu w wiązkę optyczną mikroskopu światelnego kamery cyfrowej podłączonej do komputerowej karty archiwizacji obrazów. W mikroskopii najczęściej wykorzystuje się kamery cyfrowe z matrycą CCD. Liczba elementów światłoczułych matrycy, które rozmieszczone są równomiernie na płycie, wpływa na rozdzielczość rejestrowanego obrazu (Filipiak i in., 2011). Kolejnym etapem analizy obrazu jest pomiar poszukiwanych jego cech. Pomiaru pozwalają uzyskać wielkości ilościowe opisujące określone cechy analizowanego obrazu. Stosując system komputerowej analizy, określa się najczęściej takie cechy obiektu jak: wielkość, kształt, struktura i topografia powierzchni, ruch, położenie w stosunku do punktu odniesienia, barwa i jej odcienie, a także nasycenie i równomierność barwy (Dasiewicz i Chmiel, 2011; Guzek i in., 2011; Majkowska i in., 2013; Szwedziak, 2008). Ostatnim etapem analizy obrazu jest interpretacja otrzymanych wyników ilościowych.

### **2.3. Możliwości zastosowania komputerowej analizy obrazu w technologii mięsa**

Komputerowe systemy analizy obrazu znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym w sektorze produkcji zwierzęcej, produkcji roślinnej oraz ocenie i kontroli wybranych parametrów jakościowych (Cubero i in., 2011; Ma i in., 2016). Jako metoda niedestrukcyjna, pozwalająca uzyskać szybką, powtarzalną i obiektywną ocenę jakości, stosowana jest do pomiaru i prognozowania jakości wielu surowców i produktów spożywczych (Branscheid i in., 2004; Brosnan i Sun, 2004; Du i Sun, 2004, 2006a; Zapotoczny i in., 2016; Żochowska-Kujawska i in., 2017). Stosując systemy wizyjne, można nie tylko analizować, oceniać, lecz także klasyfikować poszczególne cechy produktu, takie jak barwa, tekstura, kształt, wielkość, jak również wyznaczać zależności między tymi parametrami (Du i Sun, 2006b; Dutta i in., 2015; Ghasemi-Varnamkhasti i in., 2015; Iqbal i in., 2010, 2015; Sánchez i in., 2008; Żochowska-Kujawska, 2016).

W przemyśle mięsnym komputerowa analiza obrazu znalazła zastosowanie między innymi w badaniu jakości mięsa wieprzowego (Allen, 2003; Dasiewicz i Mierzwińska, 2006; Faucitano i in., 2005; Lu i in., 2000; O'Sullivan i in., 2003; Pisula i in., 2004), a także mięsa wołowego (Albrecht i in., 1996; Craigie i in., 2012; Gerrard i in., 1996; Kuchida i in., 1992; Li i in., 2001; Tan, 2004; Unklesba i in., 1986). Technologia oparta na komputerowej analizie obrazu umożliwia bezinwazyjne, obiektywne i precyzyjne przewidywanie składu tusz jagnięcych (Brady i in.,

2003; Hopkins i in., 2004; Horgan i in., 1995; Stanford i in., 1998), a także ich wydajności (Rius-Vilarrasa i in., 2009).

Badania w zakresie stosowania systemów wizyjnych w technologii mięsa pozwoliły na stworzenie obiektywnych systemów klasyfikacji, a dzięki połączeniu ich z liniami ubojowymi o różnej wydajności możliwe jest wykonywanie pomiarów w sposób ciągły, bez ingerencji człowieka. W ten sposób można dokonywać klasyfikacji jakościowej tusz w systemie EUROP czy też oceny wartości handlowej tusz, określać masę i udział procentowy mięsa różnych klas w tuszy, grubość okrywy tłuszczowej w wybranych miejscach tusz oraz dokonywać oceny wad i uszkodzeń w przypadku tuszek drobiowych (Borggaard i in., 1996; Craigie i in., 2012; Fortin i in., 2003; Iqbal i in., 2010; Pabiou i in., 2011; Park i in., 2002; Rius-Vilarrasa i in., 2009; Słowiński i in., 2007; Węglarz i in., 2013). Ponadto wyniki innych badaczy (Barbin i in., 2016) sugerują, że metody wizyjne mogą być przydatnym narzędziem do szybkiej oceny jakości mięsa kurcząt w dużych zakładach przetwórczych.

Komputerowa analiza obrazu znalazła zastosowanie również w wykrywaniu podstawowych wad mięsa (Chmiel i in., 2011, 2012). Według Chmiel i in. (2011) mierząc składowe barwy charakteryzujące jasność, uzyskane metodą komputerowej analizy obrazu, można odróżnić mięso wieprzowe z wadą PSE od mięsa RFN, czyli normalnego. Do tego celu można zastosować składowe V oraz L (odpowiednio z modeli HSV oraz HSL) oraz R, G i B z modelu RGB. Prowadzono również badania obejmujące wykorzystanie tej techniki badawczej do określenia zawartości tłuszczu zarówno na przekroju elementów kulinarnych, jak i w mięsie mielonym, a także mięsie drobnym wieprzowym, wołowym oraz mięsie drobiowym (Dasiewicz, 2010; Półtorak i in., 2013; Słowiński i in., 2007; Tomkiewicz i Kopeć, 2008). Inni badacze zastosowali tę metodę w ocenie marmurkowatości mięsa, czyli ilości i rozmieszczenia tłuszczu śródmięśniowego zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i bezpośrednio na linii ubojowej (Faucitano i in., 2005; Jackman i in., 2010).

Jak wynika z literatury, metoda ta może mieć zastosowanie również do technologicznej oceny pracy urządzeń do odmięśniania kości zwierzęcych (Dolata i in., 2000), do oceny efektywności mieszania farszu w miazarce i kutrze (Dolata i in., 2002a) oraz zmian w strukturze mięśni w procesie nastrzykiwania i masowania (Dolata i in., 2005; Gajewska-Szczerbal i Krzywdzińska-Bartkowiak, 2005; Krzywdzińska-Bartkowiak i Gajewska-Szczerbal, 2007; Lachowicz i in., 2003a, b, 2007; Wójcik i in., 2010), czy też do badania mikrostruktury drobno rozdrobnionych farszów mięsnych (Krzywdzińska-Bartkowiak i Dolata, 2005; Krzywdzińska-Bartkowiak i in., 2005a; Makala i Kłosowska, 1994). Technika ta umożliwia również uzyskanie informacji dotyczących stopnia rozdrobnienia i rozmieszczenia tłuszczu na przekroju gotowego wyrobu (Girolami i in., 2014; Luňáková i in., 2016).

## 2.4. Kształtowanie jakości mięsa i wyrobów mięsnych

Wszystkie cechy mięsa zarówno jakościowe, jak i te świadczące o przydatności technologicznej oraz wartości funkcjonalnej mięsa wpływają na decyzje konsumenten-

tów o wyborze produktu mięsnego, przy czym duże znaczenie mają także właściwości sensoryczne, takie jak smakowitość czy kruchość (Hoffmann i in., 2010; Jurczak, 2005; Warriss, 2010). W kształtowaniu parametrów jakości, a zarazem struktury mięsa, istotną rolę odgrywają między innymi czynniki genetyczne (ujawniające się zróżnicowaniem rasowym świń oraz genotypem) (Palka i Daun, 1999; Rosner i in., 2003; Rybarczyk i in., 2009; Valin i Quali, 1992) oraz czynniki środowiskowe, związane między innymi ze sposobem żywienia i rodzajem systemu utrzymania zwierząt czy warunkami obrotu zwierząt przed ubojem (Łyczyński i in., 2006).

Włókna mięśniowe są jednym z podstawowych elementów struktury mięsa, którym przypisuje się istotny wpływ na jakość gotowych wyrobów z całych mięśni, a ich grubość, ilość oraz typ wpływają na teksturę mięsa (Lachowicz i in., 2004; Schwägle, 1999; Swatland, 1985). Struktura mięśni rozumiana jest jako zespół cech wynikających z wzajemnego uporządkowania jej elementów i ich współdziałania (Bourne, 1982; Dolata, 1993; Drobisz-Kopydłowska, 1997). Na zmiany wielkości elementów mikrostruktury mięśni ma wpływ okres dojrzewania poubojowego surowca mięsnego, w którym zachodzą kompleksowe procesy zależne między innymi od gatunku zwierzęcia i typu włókien mięśniowych (Lachowicz i in., 2003a; Valin i Quali, 1992) lub rodzaju mięśni (Gajowiecki i in., 2001; Liu i in., 1996; Oryl, 2004). Aczkolwiek Quali (1992) uważa, że mechanizm i przyczyny tych zmian są podobne we wszystkich mięśniach i dla wszystkich gatunków zwierząt. Inną przyczyną zmian struktury tkankowej może być proces przechowywania zamrażalniczego (Górecka i in., 2012; Lachowicz i in., 2004). Elementy mikrostruktury ulegają również zasadniczym zmianom podczas procesów technologicznych, jakim poddawane jest mięso w trakcie przetwarzania na wyroby mięsne. Chodzi głównie o techniczne i technologiczne warunki procesu peklowania, uplastyczniania oraz obróbki cieplnej (Bertram i in., 2004; Mestre i in., 2002; Prates i in., 2002; Sotelo i in., 2004; Tyszkiewicz i Jakubiec-Puka, 1995). Proces nastrzykiwania solanką peklującą powoduje zwiększenie objętości komórek mięśniowych, przy czym stopień tych zmian zależy nie tylko od rodzaju mięśnia, lecz także od gatunku zwierzęcia rzeźnego, z którego pozyskano surowiec (Gajewska-Szczerbał i Krzywdzińska-Bartkowiak, 2005; Gajewska-Szczerbał i in., 2007). Następujący po procesie peklowania proces masowania, rozluźniając i naruszając strukturę mięśni, powoduje zwiększenie sorpcji solanki peklującej i dyfuzję białek wewnątrzwłóknkowych do przestrzeni międzykomórkowych (Tyszkiewicz, 1991a; Xargaño i in., 1998; Xargaño i Lagares, 1992). Konsekwencją tego zabiegu są zmiany zarówno w strukturze, jak i teksturze mięsa, które nasilają się wraz z wydłużaniem czasu trwania zabiegu, a także znaczna poprawa kruchości (Katsaras i Budras, 1993; Müller, 1989; Olkiewicz i Ostrowska, 2001; Siegel i in., 1978b; Theno i in., 1978). Cechy te istotnie rzutują na jakość wyrobów produkowanych z całych mięśni (Aguilera, 2005).

Wyroby mięsne, w tym liczne asortymenty szynek parzonych i wyrobów drobno rozdrobnionych, ze względu na to, że należą do najpowszechniej spożywanych, są przedmiotem licznych badań związanych z modyfikacją ich wartości żywieniowo-odżywczej, zwiększeniem trwałości, bezpieczeństwem zdrowotnym oraz polepszeniem pożądalności sensorycznej (Archer i in., 2004; Bloukas i in., 1997; Candogan i Kolsarici, 2003; Cierach i in., 2009; Dolata i in., 2002b; Echarte i in., 2004; Kowalski i in., 2012; Olkiewicz i Ostrowska, 2001; Pietrasik, 1998). Na jakość



szyniek parzonych ma wpływ szereg czynników technologicznych. Należą do nich: stan fizyczno-chemiczny surowca mięsnego, wielkość nastrzyku solanką peklującą, przebieg procesu plastyfikacji, warunki obróbki termicznej oraz rodzaj i ilość zastosowanych substancji dodatkowych, w tym głównie fosforanów (Pyrz i in., 2012). Również jakość wyrobów drobno rozdrobnionych zależy w dużym stopniu od ich końcowej struktury, która kształtuje się w kolejnych etapach procesu technologicznego.

Od wielu lat w placówkach naukowo-badawczych związanych z przemysłem mięsnym prowadzone są badania mające na celu ustalenie zależności między właściwościami surowców, składem podstawowym wyrobów drobno rozdrobnionych, technologią i techniką wytwarzania farszów mięsnych, a jakością gotowych wyrobów (Archer i in., 2004; Bloukas i in., 1997; Candogan i Kolsarici, 2003; Cierach i in., 2009; Dolata i in., 2002a, b; Echarte i in., 2004; Kowalski i in., 2012; Pietrasik, 1998). Takim rozwiązaniem wychodzącym naprzeciw oczekiwaniom konsumentów jest obniżenie zawartości tłuszczu zwierzęcego w wyrobach mięsnych. Jednak tłuszcz, jako jeden z podstawowych składników farszu, odgrywa szczególną rolę w kształtowaniu reologicznej charakterystyki kutrowanych farszów mięsnych oraz tekstury gotowego produktu, jego smakowości i soczystości (Hamm i Rede, 1975; Dolata, 1992a, b; Dolata i in., 2002b; Makała, 1998). Dlatego wyprodukowanie nowych asortymentów wędlin o obniżonej wartości energetycznej, a jednocześnie dobrej jakości, stwarza pewne trudności. Mimo to, że nasycone kwasy tłuszczowe oraz ich wpływ na zdrowie człowieka nie są uważane za tak szkodliwe, jak kiedyś sądzono (Siri-Tarino i in., 2010), nadal prowadzi się różne badania dotyczące strategii mających na celu ograniczenie spożycia tłuszczu zwierzęcego w produktach mięsnych. Takie próby obejmowały zastąpienie części tłuszczu wodą, preparatami błonnikowymi, skrobią czy hydrokoloidami, olejami roślinnymi, a także syntetycznymi substytutami tłuszczu. Z danych literaturowych wynika, że zastąpienie tłuszczu wyłącznie wodą i jednocześnie wyprodukowanie wyrobu o odpowiedniej jakości jest zasadniczo niemożliwe, stąd też stosuje się inne zamienniki dające produkty o ulepszonym profilu kwasów tłuszczowych i niższym poziomie cholesterolu niż produkty tradycyjne (Alvarez i in., 2011; Ambrosiadis i in., 1996; Bilaska i in., 2014; Grasso i in., 2014; Gulen i Serdaroglu, 2012; Jimenez-Colmenero, 2007; Keeton, 1994; Kowalski i in., 1998; López-López i in., 2009, 2011; Muguerza i in., 2004; Özvural i Vural, 2008; Tan i in., 2006; Teye i in., 2006; Zhuang i in., 2016). Przykładem przetworów mięsnych o znacznej zawartości tłuszczu pochodzenia zwierzęcego, które z kolei zawierają duże ilości nasyconych kwasów tłuszczowych, a także cholesterolu, są wyroby mięsne typu pasztet. W Polsce traktuje się je jako stosunkowo tanie i popularne produkty, spożywane na zimno z pieczywem. Według normy PN-A-82012:1996 pasztety zaliczone zostały do wyrobów garmazeryjnych z dodatkiem wątroby i innych podrobów zwierząt rzeźnych, uprzednio parzonych, gotowanych lub duszonych, surowców niemięsnych z dodatkiem przypraw (Makała i Tyszkiewicz, 2011). Nadmierne spożycie tego rodzaju przetworów może powodować zwiększenie poziomu cholesterolu w surowicy krwi i wpływać na powstanie miażdżycy naczyń krwionośnych oraz zwiększać ryzyko zawału serca (Adamczak i in., 2001). Rozwiązaniem problemu nadmiaru nasyconych kwasów tłuszczowych w diecie współczesnego człowieka może być próba wykorzystania w produkcji wy-

robów mięsnych tłuszczów roślinnych bogatych w nienasycone kwasy tłuszczowe. Kwasy te z powodu braku odpowiedniego aparatu enzymatycznego nie mogą być syntetyzowane w organizmie ssaków. Muszą być dostarczone do organizmu z pożywieniem, gdyż pełnią w nim wiele biologicznych funkcji (Pyrzcz i in., 2007). Tłuszcze roślinne są coraz powszechniej używanymi zamiennikami tłuszczu zwierzęcego. Dodatek olejów roślinnych między innymi do wyrobów mięsnych spełnia postulat żywieniowy dotyczący wzbogacania tego typu produktów w nienasycone kwasy tłuszczowe. Jednak produkty takie są bardziej podatne na utlenianie (Pyrzcz i in., 2007). Również wzrastająca świadomość konsumentów w kwestiach zdrowotnych wpływa na ich oczekiwania na nowe produkty żywnościowe o zmienionym składzie frakcji lipidowej (Kowalski i in., 2006; Pyrcz i in., 2007; Sampaio i in., 2004).

Podsumowując, można powiedzieć, że metody mikroskopowe od dawna wykorzystywane są w analizie do określania jakości żywności, rozmieszczenia i identyfikowania jej składników, wykrywania zafałszowań środków spożywczych oraz w przypadku stosowania histometrii, stereologii również do ilościowego oznaczania składników pokarmowych. Mikrostrukturalne podejście zarówno do procesów przetwarzania żywności, jak i procesów inżynierskich opiera się na tezie, że konsekwencją zmian w strukturze są zróżnicowane właściwości produktu. Połączenie metod mikroskopii wraz z komputerową analizą obrazu pozwala na znacznie szersze zastosowanie między innymi do badania struktury żywności oraz projektowania procesów związanych z ulepszaniem jakości produktów.

W dostępnej literaturze przedmiotu niewiele jest prac dotyczących wykorzystania komputerowej analizy obrazu do określania jakości wyrobów mięsnych, a zwłaszcza charakterystyki struktury wyrobów drobno rozdrobnionych o zróżnicowanym składzie surowcowym i obniżonej zawartości tłuszczu zwierzęcego. Wydaje się zatem, że zastosowanie tej techniki pozwoli na dokładniejsze poznanie zależności pomiędzy strukturą wędlin a wybranymi parametrami ich jakości, co może być źródłem ważnych informacji technologicznych.

### 3. CEL PRACY

Z przeglądu literatury wynika, że na strukturę żywności mają wpływ czynniki związane zarówno z samym surowcem, jak i sposobem jego przetwarzania. Celem pracy było zatem stwierdzenie, czy na podstawie określenia charakterystyki strukturalnej wyrobów mięsnych można różnicować ich jakość.

Założono, że otrzymane wyniki pozwolą:

- wykazać wpływ procesu technologicznego na strukturę, a w konsekwencji na teksturę, jakość sensoryczną i parametry fizykochemiczne wyrobów mięsnych
- ocenić, który z analizowanych dodatków, będących zamiennikami tłuszczu zwierzęcego, wywiera większy wpływ na jakość wędlin drobno rozdrobnionych
- stwierdzić, w jaki sposób parametry techniczne kutra mają wpływ na rozmieszczenie tłuszczu w gotowym produkcie, a w konsekwencji na jego teksturę i jakość sensoryczną.

Aby sprawdzić przyjęte założenia, ustalono następujące zadania badawcze:

- określenie dynamiki zmian struktury mięśni SM – półbłoniastego (*musculus semimembranosus*) i QF – czterogłowego uda (*musculus quadriceps femoris*) (QF) poddanych procesowi nastrzykiwania, masowania i pasteryzacji oraz analiza fizykochemiczna i sensoryczna gotowego produktu (określenie różnicowania jakościowego i jego wpływu na wybrane wyróżniki jakości modelowych szynek pasteryzowanych)
- określenie wpływu zamiany tłuszczu zwierzęcego tłuszczami roślinnymi na mikrostrukturę, właściwości fizykochemiczne i jakość pasztetów oraz farszów drobno rozdrobnionych i wyprodukowanych z nich wędlin
- porównanie wpływu dwóch typów kutra (misowego i przelotowego) na mikrostrukturę oraz właściwości fizykochemiczne i teksturę wyprodukowanych wyrobów drobno rozdrobnionych.

## 4. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

### 4.1. Przygotowanie surowca i proces produkcji wyrobów masowanych

Materiał badawczy do pierwszego zadania stanowiły mięśnie półbłoniasty (SM – *musculus semimembranosus*) i czterogłowy uda (QF – *musculus quadriceps femoris*) wykrojone bezpośrednio z wychłodzonych (24 h po uboju) półtuszy trzody chlewnej pogłowia masowego, a następnie poddane nastrzykowi solanką peklującą, masowaniu oraz pasteryzacji. Łącznie pobrano 18 prób mięśni każdego rodzaju (o średniej masie 1 kg). W celu wyeliminowania zmienności surowca do badań pobierano surowiec z takiej samej klasy jakościowej (klasa U wg klasyfikacji EUROP). Temperatura surowca mięsnego wahała się w granicach 6,5–7°C, a pH od 5,7 do 5,9 dla mięśnia półbłoniastego oraz od 5,79 do 5,96 dla czterogłowego uda.

Pozyskane mięśnie SM i QF dzielono na części. Dwa mięśnie stanowiły próbę kontrolną (R), a pozostałe były poddawane 40-procentowemu nastrzykowi solanką peklującą, składającą się z 4,9% mieszanki peklującej, 1,75% trifosforanu pentasodowego oraz wody, za pomocą nastrzykiwarki MHM-21/84 firmy Metalbud Nowicki. Nastrzyknięte mięśnie umieszczano w szczelnych workach foliowych, które izolowały materiał badawczy od pozostałego wsadu, i poddawano procesowi masowania w masownicy MA-20 PSCH firmy Metalbud Nowicki. Efektywny czas masowania wyniósł 8 h (60 obr./min w cyklu 10/20, w temperaturze 6°C przy podciśnieniu 0,1 MPa). Następnie próby mięśni, po wyjęciu z folii, umieszczano w puszkach stalowych i pasteryzowano do uzyskania temperatury 72°C w centrum geometrycznym próby, po czym chłodzono pod bieżącą wodą do uzyskania temperatury 50°C w centrum geometrycznym próby. W ten sposób uzyskano następujące warianty mięśni: próba kontrolna (R), mięśnie nastrzyknięte solanką peklującą (N), mięśnie masowane (M) oraz mięśnie pasteryzowane (P).

Z każdego rodzaju mięśni zostały pobrane próby do badań w celu oznaczenia składu podstawowego (zawartość białka, tłuszczu oraz wody), analiz morfometrycznych (komputerowa analiza obrazu) oraz tekstury (test Warnera-Bratzlera). Z mięśni poddanych procesowi pasteryzacji dodatkowo pobrano próby do przeprowadzenia konsumenckiej analizy sensorycznej.

### 4.2. Proces produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych

#### 4.2.1. Pasztety sterylizowane i charakterystyka roślinnego komponentu tłuszczowego

W pierwszym etapie drugiego zadania badawczego analizowanym materiałem były sterylizowane wyroby podrobowe o asortymentowej nazwie pasztety, w któ-

rych tłuszcz zwierzęcy wymieniano w całości na tłuszcz roślinny Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW i Akoroma LS. Charakterystykę tłuszczów roślinnych użytych do produkcji pasztetów sterylizowanych przedstawiono w tabeli 1. Doświadczalne pasztety pochodziły z zakładu produkcyjnego Wielkopolska Wytwórnia Żywności PROFI S.A. w Grabowie n. Prosną. Wariant kontrolny stanowił pasztet wyprodukowany z udziałem tłuszczu zwierzęcego. Surowiec mięsny do produkcji pasztetów sterylizowanych poddano procesowi peklowania, dodając mieszanke peklującą (99,4% NaCl; 0,6% NaNO<sub>2</sub>) w ilości 2,2%, natomiast do tłuszczu

**Tabela 1.** Charakterystyka tłuszczów roślinnych użytych do produkcji pasztetów  
**Table 1.** Characteristics of vegetable fats used to produce pates (AarhusKarlshamn, Szwecja)

Parametr Parameter	Akoblend BEP	Akoroma OM	Akoroma OMW	Akoroma LS
Wolne kwasy tłuszczowe [%] Free fatty acids	Max 0,1%			
Liczba nadtlenkowa [meq/kg] Peroxide value	Max 0,5			
Liczba jodowa Iodine value	50-56	60-70	60-70	77-85
Punkt topnienia [°C] Melting points	34	35	35	36
Gęstość topnienia [g/cm <sup>3</sup> ] Melting density	0,89			
Zawartość tłuszczów stałych [%] Solid fat content				
10°C	53	43	43	27
20°C	24	21	21	13
30°C	6	7	7	6
35°C	2	4	4	3
40°C	–	2	2	–
Wartość energetyczna [kJ/kcal] Energy value	3 700/900			
Zawartość białka [g] Protein content	0			
Węglowodany [g] Carbohydrate content	0			
Witamina E [g] Vitamin E	–	–	20	20
Rodzaj kwasów tłuszczowych 100 g tłuszczu The type of fatty acids in 100 g fat				
– nasycone [g] saturated acids	47	41	41	30
– jednonienasycone [g] monounsaturated acids	42	44	44	49
– wielonienasycone [g] polyunsaturated acids	9	15	15	19
– cholesterol [mg]	< 5			
– kwasy tłuszczowe trans [g] trans fatty acids	3	< 1	< 1	1
– omega-3 (C18:3 ALA) [g]	–	–	3	5
– omega-6 (C18:2) [g]	–	–	11	13

2,2% NaCl. Surowiec mięsny i tłuszczowy poddano wstępnej obróbce cieplnej i rozdrobniono w wilku przez siatkę o średnicy otworów wynoszącej 3 mm. Następnie przeprowadzano proces kutrowania, dodając do miski kolejno mięso z piersi indyka i wątrobę (38%), wodę (27,06%), tłuszcz wieprzowy (20%), kaszę manną i koncentrat białka sojowego (6%) oraz warzywa i przyprawy (8,94%). Czas trwania procesu kutrowania wynosił 15 min. Następnie farszami mięsnymi napełniano aluminiowe opakowania o pojemności 130 g i przeprowadzano sterylizację w temperaturze 121°C. Po sterylizacji pasztety schładzano pod natryskiem zimnej wody i przechowywano w chłodni w temperaturze 4–6°C. W gotowych wyrobach oznaczono podstawowy skład chemiczny (zawartości białka, tłuszczu oraz wody), barwę (metodą instrumentalną), strukturę i teksturę oraz przeprowadzono konsumencką ocenę sensoryczną.

#### 4.2.2. Kiełbasa parówkowa

W kolejnym etapie drugiego zadania badawczego analizowanym materiałem były farsze oraz wyprodukowane z nich wyroby drobno rozdrobnione typu parówkowa, w których różnicowano zawartość tłuszczu zwierzęcego, zastępując go wybranym we wcześniejszym doświadczeniu tłuszczem roślinnym Akoroma OM w ilości 50, 75 i 100%. Wariant kontrolny stanowił farsz i wyprodukowana z niego wędlina z tłuszczem zwierzęcym. Wyroby drobno rozdrobnione zostały wyprodukowane w hali póltechniki Katedry Technologii Mięsa Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Surowiec mięsny do produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych typu parówkowa peklowano przez 24 h z dodatkiem mieszanki peklującej (2,2%) w temperaturze 4–6°C. Po procesie peklowania mięso i surowiec tłuszczowy rozdrabniano w wilku, przez siatkę o średnicy otworów wynoszącej 3 mm. Surowiec do kutrowania stanowiło mięso wieprzowe klasy III (49,22%), tłuszcz wieprzowy drobny (21,57%) lub roślinny, którym zastępowano tłuszcz zwierzęcy w ilości 50, 75 i 100%, oraz woda z lodem (28,57%), przyprawy (0,6%) i askorbinian sodu (0,04%). Czas trwania procesu kutrowania wynosił 8 min, a końcowa temperatura farszu nie przekroczyła 12°C. Wyprodukowane farsze nadziewano w osłonki naturalne o średnicy 28–30 mm, suszono w temperaturze 35°C przez 30 min, wędzono w temperaturze 60°C, a następnie parzono w 75°C w komorze wędzarniczo-parzelniczej do uzyskania temperatury 70°C w centrum geometrycznym batonu. Kiełbasy schładzano zimną wodą i przechowywano przez 24 h w chłodni, w temperaturze 4–6°C. W farszu analizowano lepkość pozorną, ilość wycieku cieplnego oraz zawartość wody wolnej, natomiast w gotowym wyrobie oznaczono podstawowy skład chemiczny (zawartość białka, tłuszczu oraz wody), barwę metodą instrumentalną, dokonano analizy morfometrycznej oraz przeprowadzono konsumencką ocenę sensoryczną i badania tekstury (test TPA i test Warnera-Bratzlera).

W trzecim zadaniu badawczym analizowanym materiałem były drobno rozdrobnione farsze i wyroby typu parówkowa wyprodukowane w kutrze misowym TAJFUN KN125 firmy Metalbud Nowicki oraz w kutrze przelotowym STEPHAN MCH20/50 w Zakładzie Mięsnym BUKAT. Surowiec do produkcji kiełbas stanowiło mięso wieprzowe klasy III (25%), tłuszcz drobny (25%), podgardle (12,5%),

emulsja ze skórek (12,5%), woda z lodem (22%) w stosunku do masy mięsno-tłuszczowej oraz przyprawy (3%). Mięso peklowano w temperaturze 4–6°C przez 24 h z dodatkiem mieszanki peklującej (99,4% NaCl; 0,6% NaNO<sub>2</sub>) w ilości 2%. Następnie surowiec mięsny i tłuszczowy rozdrabniano w wilku, przez siatkę o średnicy otworów wynoszącej 3 mm i kutrowano, podając do misy kutra kolejno mięso, wodę z lodem oraz tłuszcz. Czas trwania procesu kutrowania wynosił 8 min, a końcowa temperatura farszu nie przekroczyła 12°C. Taki sam skład surowcowy był przygotowany do rozdrobnienia w kutrze przelotowym. Najpierw wszystkie składniki (mięso, tłuszcz, woda oraz przyprawy) były wymieszane, a następnie rozdrobnione w kutrze przelotowym. Temperatura farszu nie przekraczała 15°C. Wyprodukowane farsze nadziewano w osłonki naturalne o średnicy 28–30 mm, podsuszano w temperaturze 35°C przez 30 min, wędzono w temperaturze 60°C, a następnie parzono w 75°C w komorze wędzarniczo-parzelniczej do uzyskania temperatury 70°C w centrum geometrycznym batonu. Kiełbasy schładzano i przechowywano przez 24 h w chłodni, w temperaturze 4–6°C.

W farszach, bezpośrednio po ich uzyskaniu oznaczono zawartości wody wolnej, wycieku cieplnego oraz lepkość pozorną, zaś w wędlinach oznaczono podstawowy skład chemiczny (zawartość wody, białka i tłuszczu), dokonano analiz morfometrycznych metodą komputerowej analizy obrazu (analiza parametrów geometrycznych cząstek tłuszczu i włókien kolagenowych), przeprowadzono badania tekstury (test TPA i Warnera-Bratzlera) oraz konsumencką ocenę sensoryczną.

### 4.3. Oznaczanie zawartości białka, wody i tłuszczu

#### Oznaczanie zawartości białka

Zawartość białka oznaczono za pomocą metody Kjeldahla (PN-75/A-0401: 1975) polegającej na oznaczeniu azotu w próbce. W tym celu na wadze analitycznej odważono 0,5 g próby i umieszczono w probówce, dodawano katalizator w postaci dwóch tabletek Kjeltabs lub 0,8 g CuSO<sub>4</sub> i 7 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oraz 12 cm<sup>3</sup> stężonego H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Całość spalono w piecu Digeston w temperaturze 425°C w czasie 45–60 min. Następnie przeprowadzono destylację uzyskanego roztworu w aparacie Kjeltec za pomocą 33-procentowego NaOH. Destylat umieszczono w kolbie z dodatkiem 20 cm<sup>3</sup> 4-procentowego kwasu borowego oraz wskaźnika Tashiro i miareczkowano 0,1 n roztworem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Zawartość białka obliczono przy użyciu wzoru:

$$X = \frac{a \cdot 1,4 \cdot 6,25}{b \cdot 10}$$

gdzie:  $a$  – ilość cm<sup>3</sup> 0,1 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> zużytego do miareczkowania,  
 $b$  – naważka [g],  
 1,4 – ilość azotu odpowiadającego 1 cm<sup>3</sup> 0,1 n H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  
 6,25 – współczynnik przeliczeniowy ilości azotu ogólnego na białko.

**Oznaczanie zawartości wody ogólnej**

W celu oznaczenia wody próbę o masie 5 g (odważoną z dokładnością do 0,001 g), suszono w suszarce w temperaturze 105°C przez 6 h. Następnie umieszczono ją w eksykatorze do uzyskania temperatury pokojowej, ważono i ponownie umieszczono w suszarce na 1 h. Czynności powtarzano do momentu, gdy różnica mas pomiędzy poszczególnymi ważeniami była równa 0,001 g (PN-ISO 1444:2000).

Zawartość wody obliczono ze wzoru:

$$X = \frac{(a - b) \cdot 100}{c}$$

gdzie:  $X$  – zawartość wody [%],

$a$  – masa naważki z bibułą przed suszeniem [g],

$b$  – masa naważki z bibułą po wysuszeniu [g],

$c$  – masa naważki [g].

**Oznaczanie zawartości tłuszczu**

Tłuszcz oznaczono za pomocą metody Soxhleta (PN-ISO 1444:2000). Próbę o masie około 5 g zawijano w bibułę, formując gilzę, którą umieszczano w suszarce, a po wysuszeniu jej do stałej masy w aparacie Soxhleta. Tłuszcz ekstrahowano przy użyciu bezwodnego eteru naftowego. Po zakończonej ekstrakcji próby ważono na wadze analitycznej, a zawartość tłuszczu obliczono przy użyciu następującego wzoru:

$$X = \frac{(a - b) \cdot 100}{c}$$

gdzie:  $X$  – zawartość tłuszczu [%],

$a$  – masa gilzy przed ekstrakcją [g],

$b$  – masa gilzy po ekstrakcji [g],

$c$  – masa naważki [g].

**4.4. Oznaczanie wartości pH**

Wartość pH mięśni SM i QF oznaczono za pomocą pehametru Accumet 15, który skalowano względem trzech buforów modelowych o pH = 4,0; 7,0 i 10,0.

**4.5. Oznaczanie barwy metodą instrumentalną**

Oznaczenie barwy produktu wykonano metodą odbiciową, przy wykorzystaniu aparatu do badania barwy SPECTRO-PEN (Dr Lange), przy długości fali w zakresie 400-700 nm. Uzyskane wyniki odczytywano w systemie CIE L\* a\* b\*, gdzie:



- L\* – jasność barwy (od 0 – dla ciała idealnie czarnego, do 100 – dla idealnie białego)
- a\* – barwa czerwona (przy wartościach dodatnich), barwa zielona (przy wartościach ujemnych) lub barwa szara (przy wartości 0)
- b\* – barwa żółta (przy wartościach dodatnich), barwa niebieska (przy wartościach ujemnych) lub barwa szara (przy wartości 0).

#### 4.6. Badania tekstury i właściwości reologicznych

##### Test TPA

Analizę profilu tekstury modelowych wyrobów mięsnych wykonywano, stosując test TPA. W tym celu próby o średnicy  $2,54 \cdot 10^{-2}$  m oraz wysokości  $2 \cdot 10^{-2}$  m poddawano podwójnemu ścisaniu do 50% ich pierwotnej wysokości za pomocą teksturometru TA.XT.plus wyposażonego w przystawkę P/10 oraz stolik przedmiotowy HDP/90. Prędkość ruchu głowicy stosowana w teście TPA wynosiła  $5 \cdot 10^{-2}$  m/min. Z wykresu zależności między siłą a odkształceniem określano parametry tekstury twardość I, twardość II, sprężystość i elastyczność (Bourne, 1982).

##### Test Warnera-Bratzlera

Pomiaru siły i pracy cięcia dokonywano z użyciem noża Warnera-Bratzlera. Badaniom poddawano próby o średnicy  $2,54 \cdot 10^{-2}$  m oraz wysokości  $5 \cdot 10^{-2}$  m. Prędkość przesuwu głowicy wynosiła 0,5 m/min. Z zarejestrowanego wykresu odczytywano maksymalną siłę cięcia [N] oraz pracę cięcia [J] jako pole powierzchni pod krzywą (Voisey i Hansen, 1967).

##### Badania penetrometryczne

Badania penetrometryczne przeprowadzono na Uniwersalnej Maszynie Testującej INSTRON 1140. Penetracji dokonywano trzpieniem o średnicy  $12,7 \cdot 10^{-3}$  m na głębokość  $40 \cdot 10^{-3}$  m, przy prędkości przesuwu głowicy  $100 \cdot 10^{-3}$  m/min. Oznaczono w ten sposób siłę  $F$  [N] oraz pracę  $Ac$  [J] penetracji.

##### Pomiar lepkości pozornej [Pa·s]

Pomiaru lepkości pozornej dokonano za pomocą wiskozymetru rotacyjnego Rheotest 2 typ RV, stosując prędkość ścinania  $D = 1 \text{ s}^{-1}$ .

#### 4.7. Oznaczanie wycieku cieplnego i wody wolnej

##### Oznaczanie wycieku cieplnego [%]

Ilość wycieku cieplnego określono na podstawie ilości wody i tłuszczu uwolnionego podczas ogrzewania i przedstawiono w procentach w stosunku do masy surowca przed obróbką cieplną (Kijowski i Niewiarowicz, 1978).

**Oznaczanie wody wolnej [%]**

Zawartość wody wolnej (Ww) oznaczono metodą bibulową (Wolowińska i Kelman, 1961) i obliczano według wzoru:

$$\%Ww = (a - b) \cdot 1,766$$

gdzie:  $a$  – powierzchnia plamy wycieku,  
 $b$  – powierzchnia plamy farszu,  
1,766 – współczynnik przeliczeniowy.

**4.8. Analiza morfometryczna elementów struktury****4.8.1. Wykonanie preparatów histologicznych**

Z pobranych prób mięśni zarówno z próby kontrolnej (mięśnie surowe), jak i prób nastrzykniętych solanką, masowanych i pasteryzowanych wycięto prostopadłością o wymiarach 10 x 10 x 30 mm, które utrwalono w zobojętnionej formalinie, by zapobiec destrukcji tkanek. Utrwalone próby mięśni zostały zatopione w parafinie w formie bloczków. Bloczki ścinano na skrawki o grubości 10  $\mu$ m, które nakładano na szkiełka podstawowe, wysuszone, odparafinowano i przygotowano do barwienia. Stosowano barwienie złożone skrawków za pomocą hematoksyliny De-lafielda i eozyny (Burck, 1975).

Z pasztetów i kielbas sporządzono bloczki o wymiarach 10 x 10 x 10 mm, które zamrażano w ciekłym azocie. Następnie bloczki przenoszono do kriostatatu i ścinano na skrawki o grubości 10  $\mu$ m. Skrawki nakładano na nabiałczone szkiełka podstawowe, suszono w temperaturze pokojowej przez około 30 min, po czym preparaty barwiono czerwieni oleistą O (Oil Red O) w celu wykazania dyspersji tłuszczu. Do obserwacji zmian w tkance łącznej, głównie kolagenu, zastosowano barwienie metodą van Giesona (Kłosowska i in., 1999).

**4.8.2. Komputerowa analiza obrazu**

Analizę obrazów struktury tkanki mięśniowej i wyrobów drobno rozdrobionych uzyskanych przy użyciu mikroskopu Axiolab sprzężonego z kamerą OPTA-TECH HDMI przeprowadzono za pomocą programu komputerowej analizy obrazu MultiScan v.13,01, przy stałym powiększeniu mikroskopu (x 200). Z każdego preparatu analizowano 10 pól o stałej powierzchni wynoszącej 0,5 mm<sup>2</sup>. Dla wszystkich preparatów opracowano jednolitą procedurę identyfikacji i analizy obiektów.

Ocena struktury tkanki mięśniowej obejmowała pomiary powierzchni, obwodu, średnic Fereta H i V włókien mięśniowych oraz ich procentowy udział i ilość w analizowanym polu widzenia. Ze stosunku średnicy H do V określono kształt włókien.

Im wartość ilorazu była bliższa jedności, tym włókna charakteryzowały się bardziej regularnym kształtem.

Charakterystyka struktury wyrobów drobno rozdrobnionych obejmowała analizę powierzchni, długości, szerokości i obwodu pól tłuszczowych, liczby analizowanych pól tłuszczowych, procentowego udziału pól tłuszczowych w analizowanym polu oraz powierzchni, długości, szerokości i obwodu włókien kolagenowych (Dolata i in., 1998; Stetkiewicz, 1992; Wojnar i Majorek, 1994).

#### **4.9. Konsumentcka ocena sensoryczna**

Ocena konsumentcka polegała na określeniu stopnia pożądalności doświadczalnych wyrobów drobno rozdrobnionych i szynek pasteryzowanych. W badaniach konsumenci przedstawiali swoje oceny na 10-centymetrowej skali liniowej niestrukturowanej z oznaczeniami brzegowymi: „bardzo mi nie odpowiada” – „bardzo mi odpowiada”. Wszystkie oceny przeprowadzono w laboratorium sensorycznym spełniającym wymagania zawarte w normach PN-ISO (PN-ISO 8589, PN-ISO 11035). W zależności od przeprowadzonego doświadczenia oceniano barwę, kruchość, soczystość, związanie, konsystencję, smak i ogólną pożądalność. Uzyskanym wynikiom przyporządkowano odpowiednie wartości liczbowe, mierząc odległość od początku skali do zaznaczonego punktu (Baryłko-Pikielna, 1995).

#### **4.10. Analiza statystyczna**

Otrzymany w toku badań materiał liczbowy poddano analizie statystycznej za pomocą programu STATISTICA 10.0. firmy StatSoft. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), a istotność różnic między wartościami średnimi analizowano testem Fishera na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

## 5. WYNIKI BADAŃ WŁASNYCH I DYSKUSJA

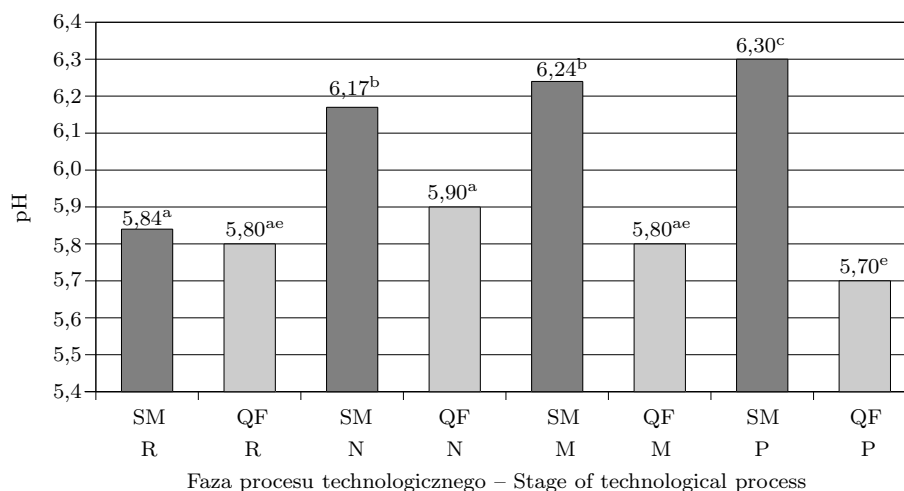
### 5.1. Wpływ nastrzyku solanką peklującą, masowania i pasteryzacji na jakość wieprzowych mięśni *semimembranosus* (SM) i *quadriceps femoris* (QF)

#### 5.1.1. Wprowadzenie

Uzyskanie pożądaných efektów w produkcji szynek parzonych jest wypadkową jakości surowca mięsnego, jego struktury tkankowej oraz rodzaju i ilości zastosowanych dodatków funkcjonalnych. Celem pierwszego zadania badawczego było określenie i porównanie zmian elementów struktury powstałych w wyniku kolejnych etapów technologicznych produkcji modelowych szynek pasteryzowanych wyprodukowanych z mięśnia półbłoniastego (*musculus semimembranosus*) i czterogłowego uda (*musculus quadriceps femoris*) oraz ich wpływu na wybrane wyróżniki jakości gotowych wyrobów. Stąd też, oprócz analiz morfometrycznych z zastosowaniem komputerowej analizy obrazu mikroskopowego, w kolejnych etapach produkcji szynek przeprowadzono pomiar stężenia jonów wodorowych (pH), badania składu podstawowego, analizę tekstury oraz konsumencką ocenę sensoryczną.

#### 5.1.2. Wpływ etapu procesu technologicznego na wartości pH i podstawowy skład chemiczny mięśni SM i QF

Z technologicznego punktu widzenia dobór mięśni do produkcji szynki ma kluczowe znaczenie, by uzyskać produkt najwyższej jakości, a wartość pH jest podstawowym wyróżnikiem, który określa i kwalifikuje jakość mięsa i zaawansowanie jego przemian biofizykochemicznych. Dlatego wybór mięśni o odpowiednim pH stał się niezbędnym elementem doświadczenia. Jak wynika z danych zamieszczonych na rysunku 1, nieznacznie wyższym pH cechował się mięsień półbłoniasty (SM), w porównaniu do mięśnia czterogłowego uda (QF), aczkolwiek w obu przypadkach było to pH odpowiadające mięsu normalnemu. W ten sposób wybór mięśni szynki odpowiadających zakresowi wartości pH 5,8–6,2 pozwolił wyeliminować mięśnie obciążone wadami jakościowymi (Bowker i in., 2000; Dolata i in., 2005; Guàrdia i in., 2004; Pisula i Florowski, 2011; Tyszkiewicz, 1991b). Odpowiednie stężenie jonów wodorowych (pH) surowca decyduje o wodochłonności i uwarunkowanej nią wydajności produkcyjnej (Müller, 1989), związaniu i konsystencji szynki pasteryzowanej oraz zdolności wchłaniania solanki peklującej, a więc o dyfuzji soli i czynników peklujących, a w konsekwencji wpływa na prawidłową barwę produktu oraz jej trwałość (Lautenschläger, 1996a, b). Tak dobrany surowiec zapewnia zachowanie kompromisu między wodochłonnością, zdolnością absorbowania soli i składników peklujących a trwałością. Ma także wpływ na prawidłową barwę produktu oraz jego trwałość.



**Rys. 1.** Wartość pH w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

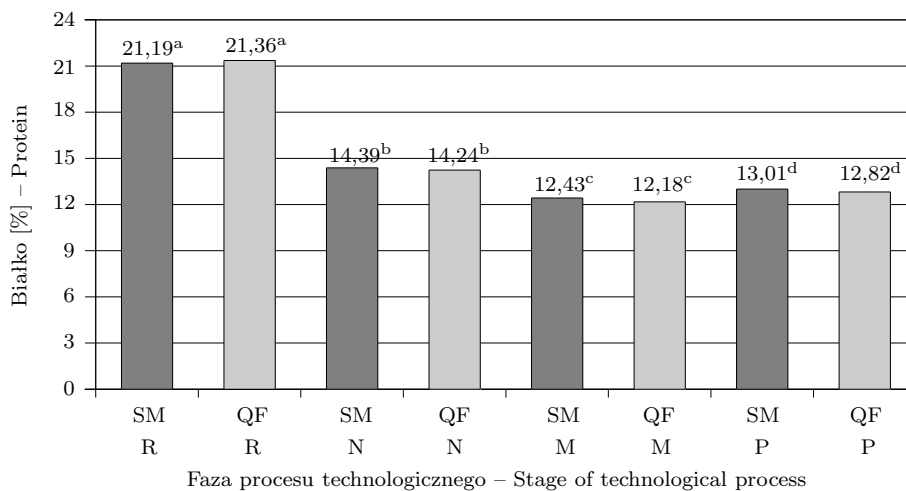
**Fig. 1.** pH in raw SM and QF muscles (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Z analizy danych wykonanego pomiaru stężenia jonów wodorowych (pH) po przeprowadzonym procesie nastrzykiwania solanką pekującą wynika, że proces ten przyczynił się do istotnego wzrostu wartości pH w przypadku mięśnia półbłoniastego (o 5,7%) oraz niewielkiego wzrostu pH w mięśniu czterogłowym uda (rys. 1). Prawdopodobną przyczyną wzrostu wartości pH surowca było wprowadzenie do tkanki mięśniowej fosforanów oraz NaCl wraz z solanką pekującą (Dzudie i Okubanjo, 1999). Kolejny etap produkcji szynek, tj. masowanie, wpłynął na dalsze zwiększenie wartości pH w mięśniu SM i obniżenie wartości tego parametru w mięśniu QF, aczkolwiek w obu przypadkach zmiany te nie były statystycznie istotne (rys. 1). Również proces pasteryzacji spowodował dalszy, ale nieistotny wzrost wartości pH w mięśniu SM w stosunku do mięśnia masowanego. Analizując wartość pH w tym mięśniu począwszy od mięśnia surowego do produktu końcowego, tj. szynki pasteryzowanej, stwierdzono wzrost wartości pH o około 8%. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu procesu masowania i pasteryzacji na wartość pH w mięśniu QF (rys. 1).

Wpływ zastosowanych w produkcji szynek pasteryzowanych zabiegów technologicznych (nastrzykiwanie, masowanie, pasteryzacja) na podstawowy skład chemiczny w mięśniu półbłoniastym (SM) i czterogłowym uda (QF) przedstawiono na rysunkach 2, 3 i 4.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości białka ogólnego pomiędzy badanymi mięśniami (SM i QF) w kolejnych etapach doświadczenia, a czynnikiem różnicującym zawartość tego składnika w obu badanych mięśniach była faza procesu produkcji modelowych szynek (rys. 2). Zaobserwowano bowiem stopniowe zmniejszanie się ilości białka ogólnego w mięśniach zarówno po zastosowaniu pro-

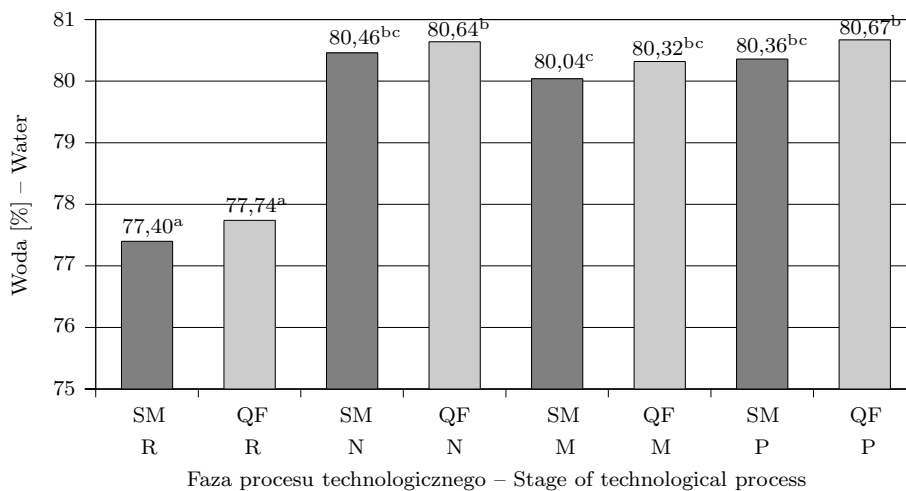


**Rys. 2.** Zawartość białka w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 2.** Total protein content in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

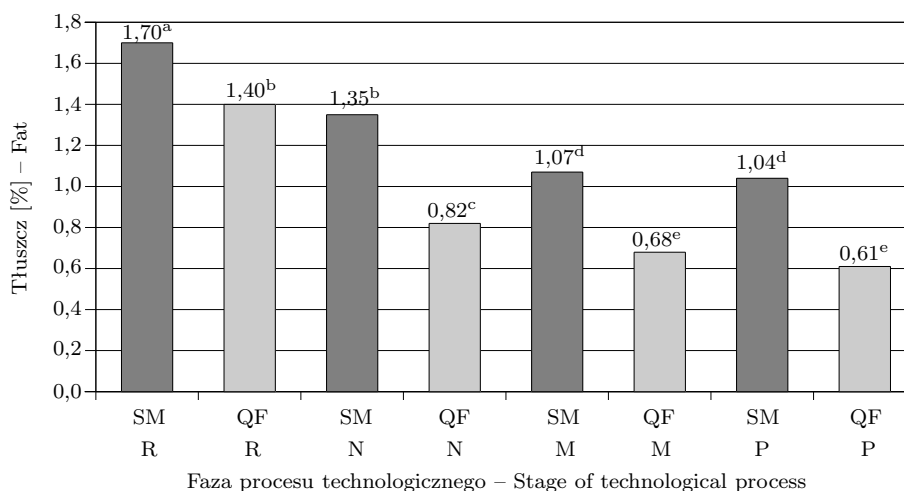


**Rys. 3.** Zawartość wody w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 3.** Total water content in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 4.** Zawartość tłuszczu w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką peklującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 4.** Total fat content in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

cesu nastrzykiwania solanką peklującą, jak i po procesie masowania w porównaniu do wartości tego składnika oznaczonego w mięśniach surowych (rys. 2). Prawdopodobną tego przyczyną jest następujące już w procesie nastrzykiwania solanką peklującą początkowe pęcznienie białek, zachodzące głównie na skutek działania fosforanów (Siegel i in., 1978a). Pod wpływem wzrostu wartości jednoimiennego ładunku elektrycznego w wyniku adsorpcji jonów chlorkowych następuje rozluźnienie podłużne miofibryli (Tyszkiewicz, 1995). Natomiast w trakcie samego procesu masowania można zaobserwować zmianę właściwości sprężysto-elastycznych mięśni na plastyczno-lepkie, będące konsekwencją daleko posuniętych zmian w strukturze mięsa, które objawiają się głównie zmianą kształtu włókien mięśniowych (Tyszkiewicz, 1995). W wyniku procesu masowania następuje wzrost rozpuszczalności białek i ich reaktywności w tworzeniu nowych struktur oraz otwarcie tkanki mięśniowej dla środków peklujących wskutek uszkodzenia struktury komórkowej (Krause i in., 1978) i zniszczenia sarkolemmy włókien mięśniowych (Cassidy i in., 1978; Olkiewicz i Ostrowska, 2001; Theno i in., 1978). W związku z tym, że ekstrakcję białek mięśniowych wymaga chemiczne oddziaływanie składników solanki peklującej (głównie chlorku sodu i fosforanów), które podwyższają wartość pH i siłę jonową środowiska (Medyński i in., 2000; Siegel i in., 1978a, b), można przypuszczać, że składniki solanki, w tym chlorek sodu, wraz z zastosowaniem procesu masowania prowadzą do częściowej degradacji białek miofibrylarnych oraz ekstrakcji części białek poza obręb obu badanych w pracy mięśni i stąd stwierdzone w niniejszych badaniach ubytki białka (Rauusunen i Puolanne, 2005; Xargaño i in., 1998).

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 3, nie stwierdzono wpływu rodzaju mięśnia na zawartości wody ogólnej, a czynnikiem różnicującym ten parametr była faza procesu technologicznego. Po nastrzyknięciu obu mięśni solanką peklującą zaobserwowano bowiem wzrost zawartości wody ogólnej, która utrzymywała się na podobnym poziomie zarówno po procesie masowania, jak i pasteryzacji. Natomiast po całym procesie produkcyjnym zawartość wody zwiększyła się w obu mięśniach o około 3,8% w porównaniu do próby kontrolnej.

Biorąc pod uwagę zawartość tłuszczu (rys. 4), stwierdzono, że w surowym mięśniu półbłoniastym była ona o około 18% wyższa niż w mięśniu czterogłowym uda. Zaobserwowano natomiast stopniowe zmniejszanie się ilości tłuszczu w obu badanych mięśniach po zastosowaniu kolejnych etapów procesu technologicznego produkcji szynki w porównaniu do jego zawartości w mięśniach surowych. Przyczyną może być zarówno przedostanie się części tłuszczu do tworzonego podczas masowania lepiszcza, jak i wzrost zawartości wody w mięśniach, a w konsekwencji obniżenie się zawartości tłuszczu w gotowym wyrobie (Dolata i in., 2004).

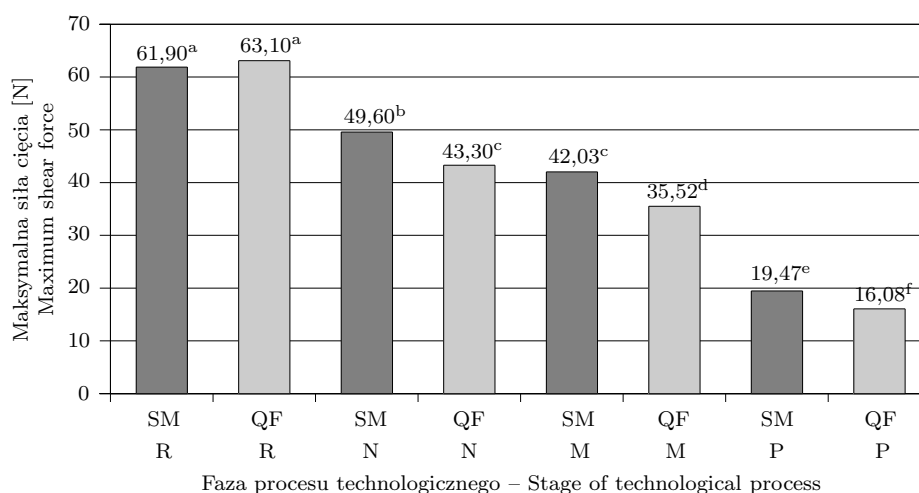
### **5.1.3. Wpływ etapu procesu technologicznego na wartości siły cięcia i ocenę sensoryczną mięśni SM i QF**

Stwierdzono statystycznie istotny wpływ fazy procesu technologicznego oraz rodzaju mięśnia na wartości siły cięcia, jak również wzrost różnic w wielkości tego parametru pomiędzy dwoma badanymi mięśniami wraz z kolejną fazą ich przetwarzania. Stwierdzono bowiem istotne zmniejszenie wartości siły cięcia po procesie nastrzykiwania o około 20% w mięśniu SM oraz o około 31% w mięśniu QF, a po procesie masowania i obróbce cieplnej zmiany te wyniosły odpowiednio o 69 i 75% w stosunku do prób nie poddanych przetwarzaniu (mięśnie surowe) (rys. 5).

Wyniki badań wskazują, że już proces nastrzyku mięsa solanką peklującą powoduje obniżenie siły cięcia (rys. 5). Prawdopodobnie jest to wynikiem przenikania igieł nastrzykiwarki przez mięśnie (tenderyzacja) i wtłoczenia pod wysokim ciśnieniem solanki peklującej. Zachodzi wtedy szereg zmian w strukturze mięśnia, między innymi rozerwanie włókien mięśniowych oraz zwiększenie przepuszczalności błon komórkowych dla składników solanki, a kolejny etap technologiczny, tj. masowanie, powoduje jeszcze większe naruszenie struktury surowca mięsnego (Olkiewicz i Ostrowska, 2001). Stąd też obserwowany w pracy spadek siły cięcia dla obu mięśni po przeprowadzonym procesie masowania (rys. 5).

Analiza właściwości mechanicznych mięśni SM i QF po procesie pasteryzacji, oznaczona na podstawie wielkości siły wymaganej do przecięcia kawałka mięsa prostopadle do przebiegu włókien mięśniowych (tzw. wartość szerometryczna), wykazała, że gotowe wyroby z obu badanych mięśni można uznać za kruche (rys. 5). Według Olkiewicza i Ostrowskiej (2001) mięso uznaje się za kruche, gdy w określonych warunkach pomiaru szerometrycznego uzyskuje ono siłę cięcia rzędu 40–45 N. Natomiast gdy wynik pomiaru tego parametru jest mniejszy niż 30 N, przyjmuje się, że mięso jest bardzo kruche. Uzyskane w doświadczeniu wartości siły cięcia





**Rys. 5.** Maksymalna siła cięcia mięśni SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 5.** Maximum shear force in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

są mniejsze niż 30 N, tak więc wyprodukowane modelowe szynki można uznać za wyroby o bardzo dużej kruchości.

Potwierdzeniem są wyniki oceny sensorycznej (tab. 2), na podstawie których wykazano, że szynka wyprodukowana z mięśnia QF charakteryzowała się nieznacznie wyższymi notami w ocenie kruchości oraz istotnie wyższymi notami w ocenie soczystości. W ocenie pożądalności ogólnej konsumenci wystawili zbliżone i dość wysokie noty zarówno dla szynki wyprodukowanej z mięśnia SM, jak i z QF (tab. 2).

Zatem już na tym etapie doświadczenia można przyjąć, że szynki pasteryzowane wyprodukowane zarówno z mięśnia półbłoniastego, jak i czterogłowego uda, przy 40-procentowym nastrzyku solanką pekującą, uzyskają dobre właściwości tekstury akceptowalne przez konsumentów.

**Tabela 2.** Ocena sensoryczna szynek pasteryzowanych

**Table 2.** Sensory evaluation of pasteurised hams

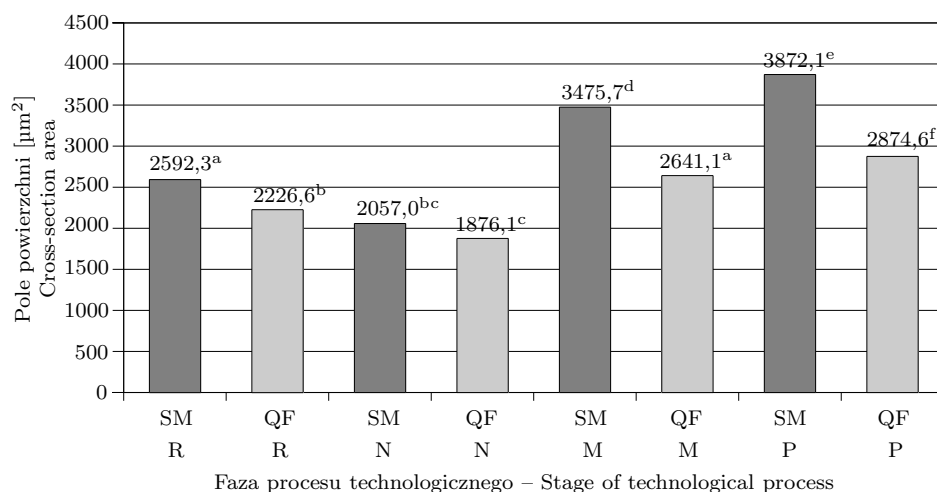
Mięsień Muscle	Barwa Colour	Kruchość Tenderness	Soczystość Juiciness	Zwiążanie Slice binding	Ogólna pożądalność Overall desirability
SM	6,9 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>
QF	6,7 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	6,7 <sup>b</sup>	5,6 <sup>b</sup>	6,6 <sup>a</sup>

Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the columns differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

#### 5.1.4. Wpływ etapu procesu technologicznego na mikrostrukturę mięśni SM i QF

Zastosowanie systemu komputerowej analizy obrazu pozwoliło określić wielkość zmian elementów struktury badanych mięśni (SM i QF) poddanych procesom nastrożkiwania, masowania i pasteryzacji. Analiza włókien mięśniowych wykazała, że nie tylko są one zależne od rodzaju mięśnia, lecz także wykazują różnicę w ich podatności na kolejne etapy procesu technologicznego szynek pasteryzowanych, które powodowały rozluźnienie włókien mięśniowych oraz zmniejszenie, a następnie zwiększenie ich objętości. Proces pasteryzacji przyczyniał się do utrwalenia struktury mięśni, która zmieniała się w trakcie wyżej wymienionych zabiegów technologicznych.



**Rys. 6.** Pole powierzchni włókien mięśniowych w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrożki solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

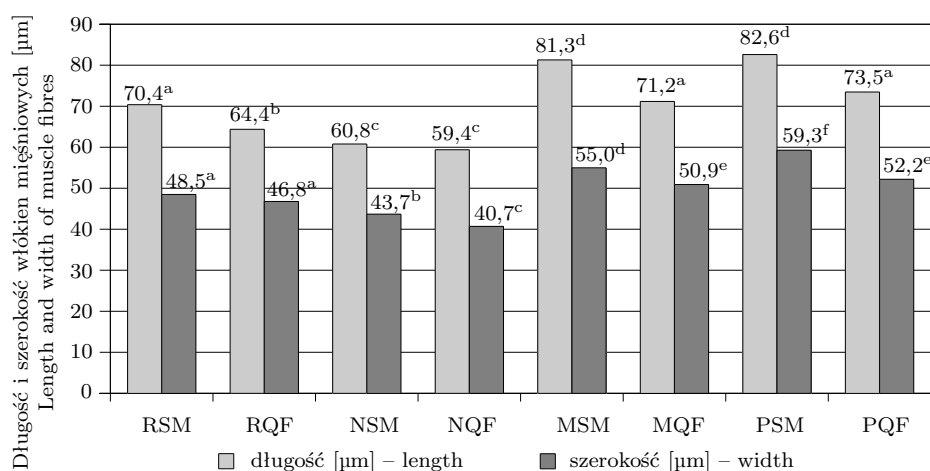
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 6.** Cross-section area of muscle fibres in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Wyniki komputerowej analizy obrazu struktury badanych mięśni, które przedstawiono na rysunkach 6–8, wykazały, że włóknami mięśniowymi o większym polu przekroju poprzecznego, obwodzie oraz długości i średnicy cechował się mięsień półbłoniasty w porównaniu do mięśnia czterogłowego uda. Surowy mięsień QF charakteryzował się także mniejszą procentową zawartością oraz ilością komórek włókien mięśniowych w badanym polu obrazu (rys. 9, 10).

Wykazane różnice pomiędzy mięśniami SM i QF w strukturze są zgodne z wcześniejszymi badaniami, które mówią o zmienności mięśni zależnych między innymi od gatunku zwierzęcia lub rodzaju mięśni (Gajowiecki i in., 2001; Liu i in., 1996; Oryl, 2004), tekstury mięśni (Shackelford i in., 1995; Wiklund i in., 1998), czy podatności na proces plastyfikacji (Gajewska-Szczerbal i Krzywdzińska-Bartkowiak, 2005; Motycka i Bechtel, 1983; Shackelford i in., 1989).

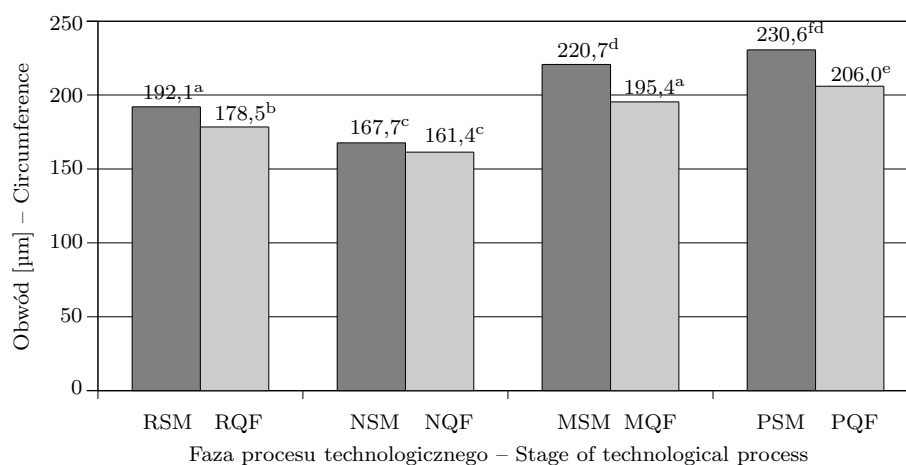


**Rys. 7.** Długość i szerokość włókien mięśniowych w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 7.** Length and width of muscle fibres in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 8.** Obwód włókien mięśniowych w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) oraz pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 8.** Circumference of muscle fibres in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Zaobserwowane różnice w strukturze międyzy tymi mięśniami według Sadowskiej i Kołodziejkiej (1994) można przypisać funkcji, jaką mięsień pełni w organizmie zwierzęcia.

W nawiązaniu do danych literaturowych (Kłosowska i in., 1994; Lachowicz i in., 2003a; Schwägle, 1999; Swatland, 1985) można by przyjąć, że mniejsza powierzchnia włókien mięśniowych QF wpłynie na uzyskanie przez ten mięsień większej kruchości. Jednak przedstawione w pracy zależności pomiędzy siłą cięcia a wielkością włókien nie potwierdzają tej hipotezy. Oba mięśnie surowe, mimo różnic w wielkości włókien, charakteryzowały się podobną do siebie i dość dużą kruchością. Prawdopodobną tego przyczyną jest fakt, że pomimo stwierdzenia w mięśniu QF mniejszej o około 14% powierzchni włókien mięśniowych w porównaniu do SM, zaobserwowano również mniejszą procentową zawartość oraz ilość włókien mięśniowych w badanym polu obrazu (rys. 9, 10), co może świadczyć o większym rozluźnieniu struktury i powstaniu większych przestrzeni między włóknami mięśniowymi. W konsekwencji mogło to mieć wpływ na uzyskanie przez ten mięsień korzystnej kruchości.

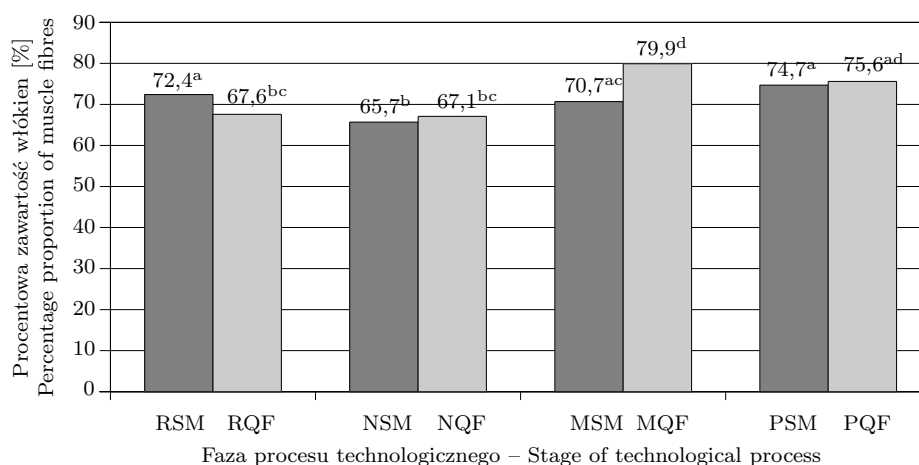
Wprowadzenie solanki peklującej podczas procesu nastrzykiwania spowodowało istotne zmniejszenie powierzchni włókien mięśniowych w obu mięśniach, w porównaniu do wielkości włókien stwierdzonych w mięśniach surowych. Wprowadzona do mięśni solanka spowodowała „obkurczenie” włókien mięśniowych bezpośrednio po nastrzyku, a tym samym wpłynęła na zmniejszenie ich powierzchni i pozostałych wymiarów geometrycznych, czego przyczyną mogło być pozostanie większej ilości solanki peklującej w przestrzeniach międzykomórkowych. Prawdopodobnie komórki włókien mięśniowych, w trakcie nastrzykiwania nie uległy istotnemu uszkodzeniu mechanicznemu, przez co dyfuzja solanki była wolniejsza, a sama solanka, pozostająca w przestrzeniach międzykomórkowych spowodowała ściśnięcie komórek. Natomiast w badaniach Gajewskiej-Szczerbal i in. (2009) mięsień czterogłowy uda wchłonął większą część solanki już w trakcie procesu nastrzykiwania, co wpłynęło na uzyskanie większej powierzchni i obwodu włókien mięśniowych w stosunku do mięśni surowych. Porównanie to obrazuje, jak wiele czynników, nie zawsze zdefiniowanych, ma wpływ na zmiany w mikrostrukturze mięsa poddawanego zabiegom nastrzykiwania i masowania (Knight i in., 1989; Lachowicz i in., 2003a, b, 2007; Wójcik i in., 2010).

Mikrofotografie przedstawiające mięsień półbłoniasty (*m. semimembranosus*) oraz mięsień czterogłowy uda (*m. quadriceps femoris*) po wstrzyknięciu solanki peklującej (rys. 11) przedstawiają widoczne rozluźnienie włókien mięśniowych, co skutkowało mniejszą liczbą komórek w badanym polu widzenia w porównaniu do mięśni surowych (rys. 12). Rozluźnienie włókien mięśniowych może być spowodowane wzrostem ilości identycznych ładunków elektrycznych po adsorpcji jonów chlorkowych, które powodują podłużne rozluźnienie miofibryli (Dolata i in., 2005; Tyszkiewicz, 1991b).

Następujący po nastrzyku solanką peklującą proces masowania spowodował zwiększenie objętości komórek włókien mięśniowych w obu badanych mięśniach (rys. 6). Świadczy to o tym, że wskutek uszkodzeń mechanicznych mięśni i przebytej drogi masowania w bębnie masownicy solanka dyfundowała przez błony komórkowe z przestrzeni międzykomórkowych do wnętrza włókien mięśniowych (La-

chowicz i in., 2003a; Motycka i Bechtel, 1983; Shackelford i in., 1989). Optymalnie prowadzony proces masowania prowadzi do takiego stopnia degradacji białek mięśniowych, że zwiększają one hydratację i zdolność zatrzymywania wody podczas obróbki cieplnej. Jednocześnie nieznacznie uszkodzone zewnętrzne struktury mięsa i uwolnione z nich białka miofibrylarne wiążą poszczególne kawałki w jeden jednolity blok, który zachowuje swoją włóknistą strukturę. Dlatego czas efektywnego masowania powinien być dostosowany do rodzaju zastosowanego surowca, zaprogramowanego cyklu masowania i używanego sprzętu (Dolatowski i Stasiak, 1996).

Jak wynika z przeprowadzonego doświadczenia, proces masowania zwiększył powierzchnię włókien mięśnia SM o około 69% w porównaniu do mięśnia po nastrzyku solanką pekującą (rys. 6). Spowodował również wzrost ilości oraz procentowej zawartości komórek mięśniowych w badanym polu widzenia (rys. 9, 10). Z kolei powierzchnia włókien w mięśniu QF zwiększyła się o 41% w porównaniu do mięśnia po nastrzyku. W przypadku tego mięśnia zaobserwowano również wzrost procentowej ilości komórek mięśniowych przy jednoczesnym statystycznie istotnym zmniejszeniu ich ilości (rys. 9, 10). Może to świadczyć o tym, że solanka przedostała się do wnętrza włókien mięśniowych i tym samym nastąpiło zagęszczenie włókien i zmniejszenie wolnych przestrzeni pomiędzy nimi (rys. 13).



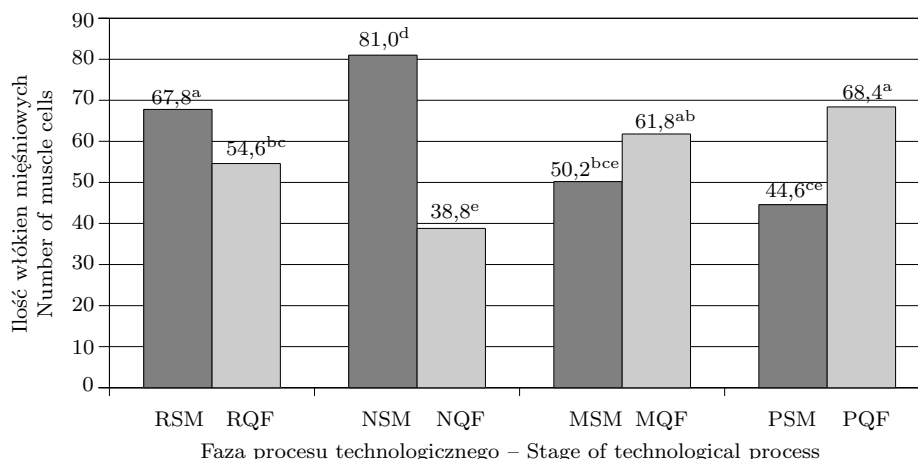
**Rys. 9.** Procentowa zawartość włókien mięśniowych w polu obrazu w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) i pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 9.** Percentage proportion of muscle fibres in the image field in SM and QF raw (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Dane przedstawione w tabeli 3 wskazują, że parametrem różnicującym badane mięśnie był także kształt włókien. Stwierdzono, że bardziej regularnym kształtem charakteryzowały się włókna mięśniowe mięśnia SM, z kolei procesy nastrzyku solanką pekującą i masowania wpłynęły na uzyskanie bardziej regularnego kształtu włókien mięśnia QF.



**Rys. 10.** Ilość włókien mięśniowych w polu obrazu w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) i pasteryzacji (P)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 10.** Number of muscle fibres in the image field in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Proces pasteryzacji miał wpływ na dalsze zwiększenie powierzchni przekroju i obwodu włókien mięśniowych w obu mięśniach, natomiast nie wpłynął istotnie na zmiany procentowej zawartości włókien mięśniowych oraz ich ilości w badanym polu widzenia (rys. 9, 10). Proces pasteryzacji doprowadził także do wyrównania średnicy włókien i zmniejszenia przestrzeni między nimi w obu badanych mięśniach (tab. 3, rys. 14).

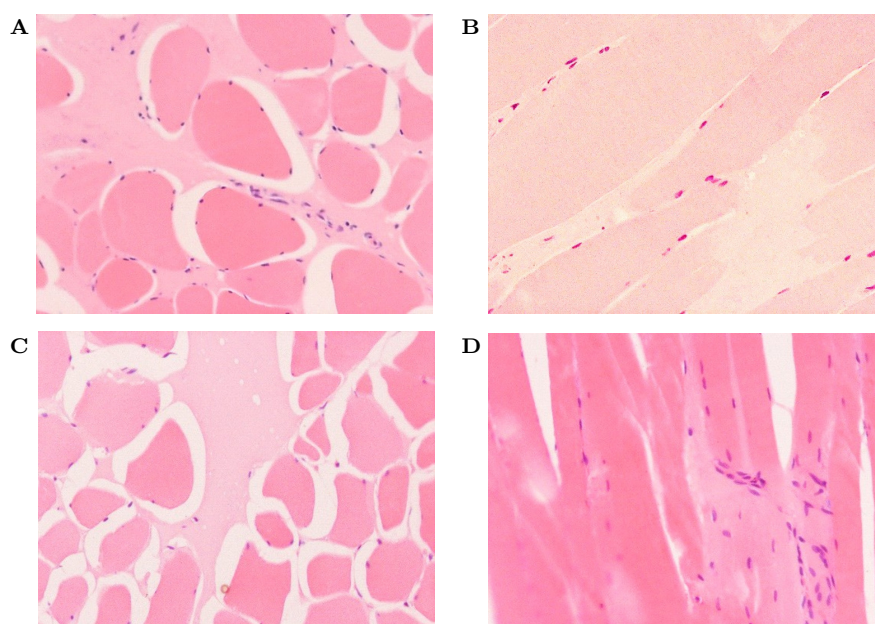
**Tabela 3.** Średnice Fereta H i V włókien mięśniowych w mięśniach SM i QF surowych (R), po nastrzyku solanką pekującą (N), po procesie masowania (M) i pasteryzacji (P)

**Table 3.** Feret's diameters H and V of muscle fibres in raw SM and QF (R), injected with the curing brine (N), massaged (M) and pasteurised (P)

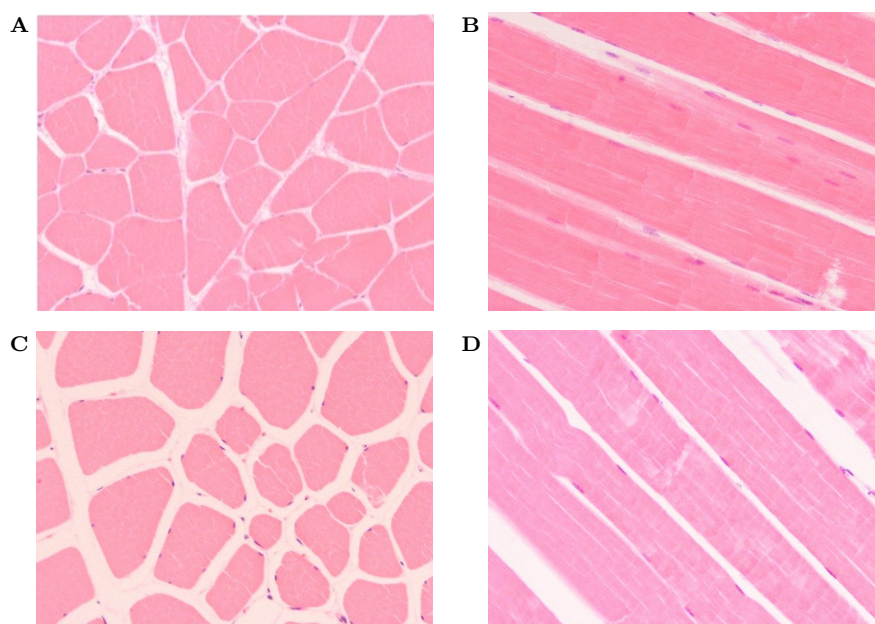
Faza procesu technologicznego Stage of technological process	Mięsień Muscle	Średnica Fereta H Feret's diameter H [ $\mu\text{m}$ ]	Średnica Fereta V Feret's diameter V [ $\mu\text{m}$ ]	H/V
Surowe Raw	SM	60,0 <sup>a</sup>	61,0 <sup>a</sup>	0,98
	QF	59,4 <sup>ab</sup>	51,2 <sup>c</sup>	1,16
Nastrzyknięte Injected	SM	52,9 <sup>c</sup>	51,1 <sup>c</sup>	1,04
	QF	49,9 <sup>d</sup>	49,8 <sup>c</sup>	1,0
Masowane Massaged	SM	61,1 <sup>b</sup>	75,9 <sup>d</sup>	0,81
	QF	64,5 <sup>e</sup>	56,9 <sup>b</sup>	1,13
Pasteryzowane Pasteurised	SM	73,2 <sup>f</sup>	69,4 <sup>e</sup>	1,05
	QF	65,8 <sup>e</sup>	59,6 <sup>ab</sup>	1,10

Wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

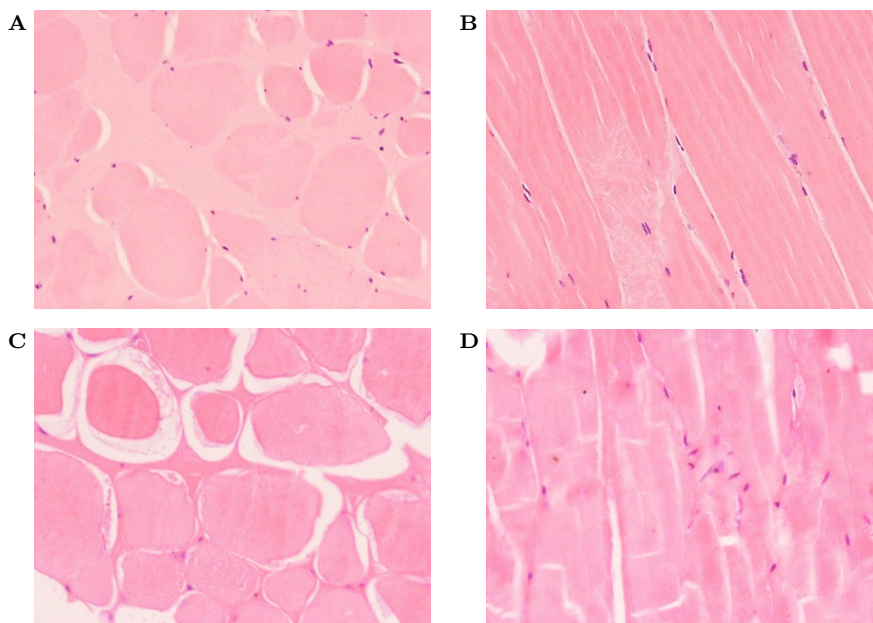
Mean values denoted by various letters and placed in the columns differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 11.** Mikrostruktura mięśnia półbłoniastego (A, B) i czterogłowego uda (C, D) nastrzykniętego solanką pekującą: A, C – przekrój poprzeczny; B, D – przekrój podłużny  
**Fig. 11.** Microstructure of *m. semimembranosus* (A, B) and the *m. quadriceps femoris* injected with the curing brine (C, D): A, C – cross-section; C, D – longitudinal section

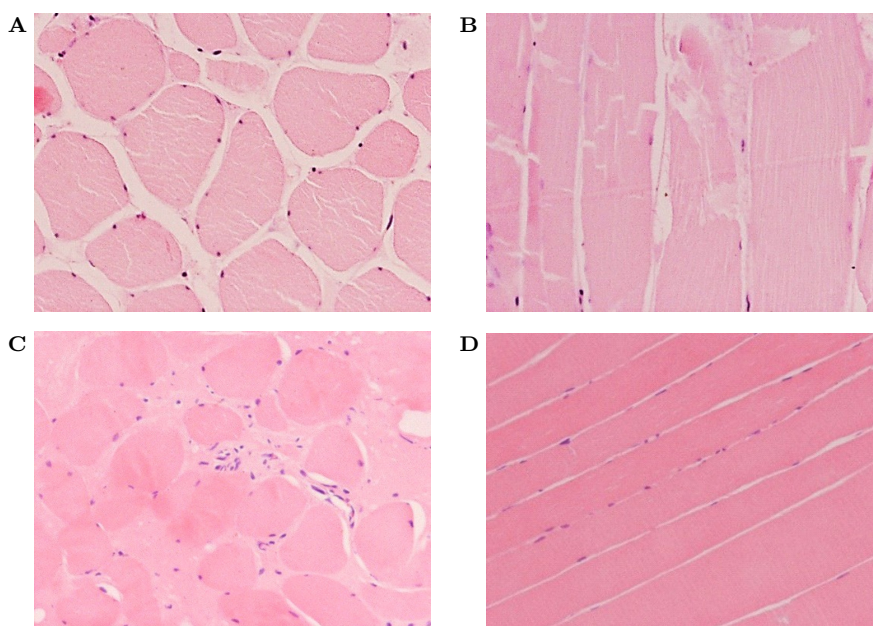


**Rys. 12.** Mikrostruktura surowego mięśnia półbłoniastego (A, B) i czterogłowego uda (C, D): A, C – przekrój poprzeczny; B, D – przekrój podłużny  
**Fig. 12.** Microstructure in raw *m. semimembranosus* (A, B) and *m. quadriceps femoris* (C, D): A, C – cross-section; C, D – longitudinal section



**Rys. 13.** Mikrostruktura mięśnia półbłoniastego (A, B) i czterogłowego uda (C, D) po procesie masowania: A, C – przekrój poprzeczny; B, D – przekrój podłużny

**Fig. 13.** Microstructure of *m. semimembranosus* (A, B) and *m. quadriceps femoris* (C, D) massaged: A, C – cross-section; C, D – longitudinal section



**Rys. 14.** Mikrostruktura mięśnia półbłoniastego (A, B) i czterogłowego uda (C, D) po pasteryzacji: A, C – przekrój poprzeczny; B, D – przekrój podłużny

**Fig. 14.** Microstructure of *m. semimembranosus* (A, B) and *m. quadriceps femoris* (C, D) pasteurised: A, C – cross-section; C, D – longitudinal section



Podsumowując uzyskane wyniki, można stwierdzić, że trudno jest porównać i uogólnić wyniki badań strukturalnych mięsa poddanego procesom nastrzykiwania solanką pekującą, masowaniu i obróbce cieplnej prowadzonych przez różnych autorów, między innymi z powodu różnic związanych z technicznymi warunkami procesu technologicznego czy też sposobem przygotowania próbek do badań strukturalnych. Wskazane jest zatem prowadzenie dalszych badań związanych z analizą dynamiki zmian struktury histologicznej z zastosowaniem techniki komputerowej analizy obrazu, co pozwoliłoby na uzyskanie potrzebnych danych ilościowych do jej oceny.

## **5.2. Wpływ substytucji tłuszczu zwierzęcego tłuszczem roślinnym na jakość wyrobów drobno rozdrobnionych typu pasztet i kielbasa parówkowa**

### **5.2.1. Wprowadzenie**

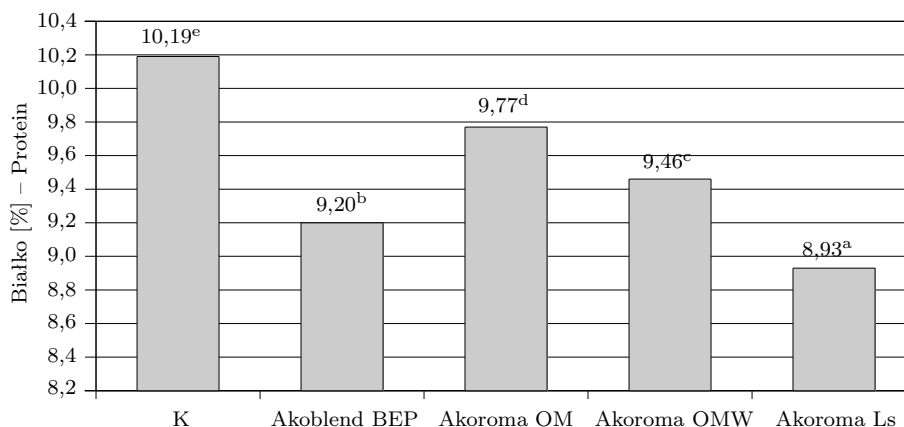
Wyroby drobno rozdrobnione typu pasztet oraz parówkowa należą do bardzo popularnych produktów w Polsce. Jednak są to produkty o dużej zawartości tłuszczu pochodzenia zwierzęcego. Rozwiązaniem problemu nadmiaru nasyconych kwasów tłuszczowych w tych wyrobach może być próba wykorzystania w ich produkcji tłuszczów roślinnych jako zamienników tłuszczu zwierzęcego.

Z przeglądu literatury wynika, że wyroby drobno rozdrobnione stanowią przedmiot różnych badań i modyfikacji mających na celu przede wszystkim poprawę pożądalności sensorycznej, trwałości i bezpieczeństwa zdrowotnego. Brakuje jednak badań mikrostrukturalnych przedstawiających mechanizm interakcji tłuszczu roślinnego z matrycą białkową utworzoną w wyrobach drobno rozdrobnionych. W związku z powyższym celem drugiego zadania badawczego było określenie wpływu zamiany tłuszczu zwierzęcego tłuszczami roślinnymi Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OM wzbogacona w witaminę E, Akoroma LS na mikrostrukturę, właściwości fizykochemiczne i jakość pasztetów sterylizowanych wyprodukowanych w warunkach przemysłowych. Pozwoliło to na wybór tłuszczu o najlepszych właściwościach i przeprowadzeniu z jego udziałem dalszych badań mających na celu analizę wpływu zróżnicowanej ilości tłuszczu zwierzęcego na jakość farszów i wyprodukowanych z nich wędlin typu parówkowa.

### **5.2.2. Podstawowy skład chemiczny pasztetów sterylizowanych**

Wymiana tłuszczu zwierzęcego w składzie surowcowym pasztetów na tłuszcze roślinne istotnie wpłynęła na obniżenie zawartości białka w porównaniu do próby kontrolnej, tzn. pasztetu wyprodukowanego tylko z udziałem tłuszczu zwierzęcego (rys. 15).

Najniższą zawartością białka charakteryzował się pasztet, który w składzie surowcowym zawierał tłuszcz roślinny Akoroma Ls, a jego wartość była o 12,4%



**Rys. 15.** Zawartość białka w pasztetach wyprodukowanych z różnym komponentem tłuszczowym

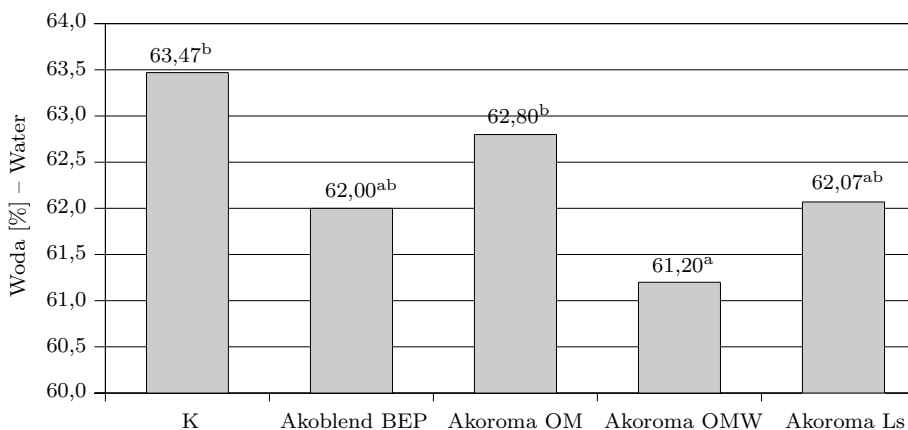
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 15.** Total content protein in pates produced with a different fat components

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

mniejsza w porównaniu do próby kontrolnej. Najwyższą zawartość białka stwierdzono w pasztecie wyprodukowanym z udziałem tłuszczu roślinnego Akoroma OM, a jego wartości różniły się istotnie od zawartości białka w pozostałych wyrobach, w których zastosowano wymianę tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny (rys. 15).

Podobną zależność zaobserwowano w przypadku wody, której zawartość uległa obniżeniu w stosunku do jej ilości stwierdzonej w pasztecie zawierającym tylko tłuszcz zwierzęcy (rys. 16), przy czym największą redukcję wody (około 4%) w wy-



**Rys. 16.** Zawartość wody w pasztetach wyprodukowanych z różnym komponentem tłuszczowym

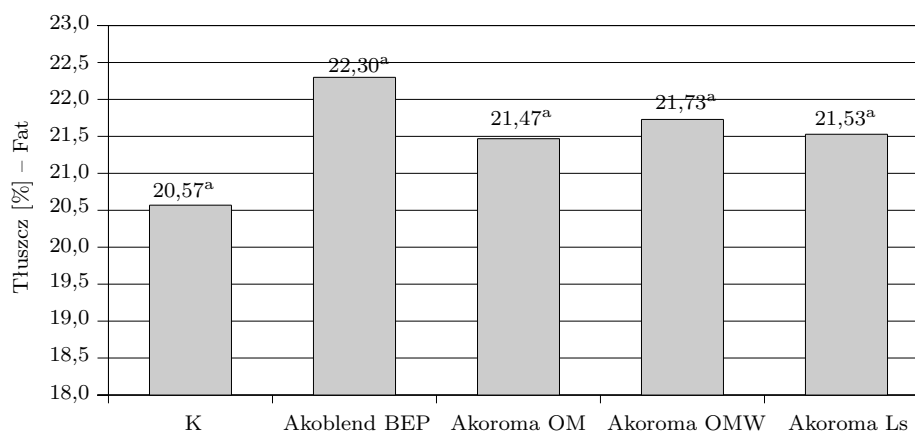
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 16.** Total water content in pates produced with a different fat components

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

robie uzyskano, wprowadzając do niego tłuszcz roślinny Akoroma OMW. W pozostałych wariantach nie stwierdzono istotnego wpływu udziału tłuszczów roślinnych na ilość wody ogólnej, a pasztet wyprodukowany z Akoromą OM cechował się najbardziej zbliżoną zawartością wody do wariantu z tłuszczem zwierzęcym.

Przeprowadzone badania wykazały, że udział tłuszczów roślinnych w składzie recepturowym pasztetu nie miał istotnego wpływu na zawartość tłuszczu ogólnego. Wprawdzie największą jego zawartością charakteryzował się pasztet wyprodukowany z tłuszczem Akoblend BEP, ponieważ stwierdzono w nim o 8,4% więcej tłuszczu, w porównaniu z próbą zawierającą tylko tłuszcz zwierzęcy, to jednak nie były to różnice statystycznie istotne (rys. 17). Podobne obserwacje co do wpływu wymiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny na zmiany w podstawowym składzie chemicznym wyrobów mięsnych stwierdzili Rycielska i Słowiński (2012). Wykazali oni obniżenie zawartości wody i białka, a wzrost zawartości tłuszczu wraz ze wzrostem ilości oleju rzepakowego tłoczonego na zimno w recepturze kielbasy homogenizowanej, w której zastępowano tłuszcz z podgardla. Również z badań Vurala (2003) wynika, że zastąpienie tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym powoduje obniżenie zawartości wody oraz podwyższenie zawartości tłuszczu w wyrobie gotowym.



**Rys. 17.** Zawartość tłuszczu w pasztetach wyprodukowanych z różnym komponentem tłuszczowym

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 17.** Total fat content in pates produced with a different fat components

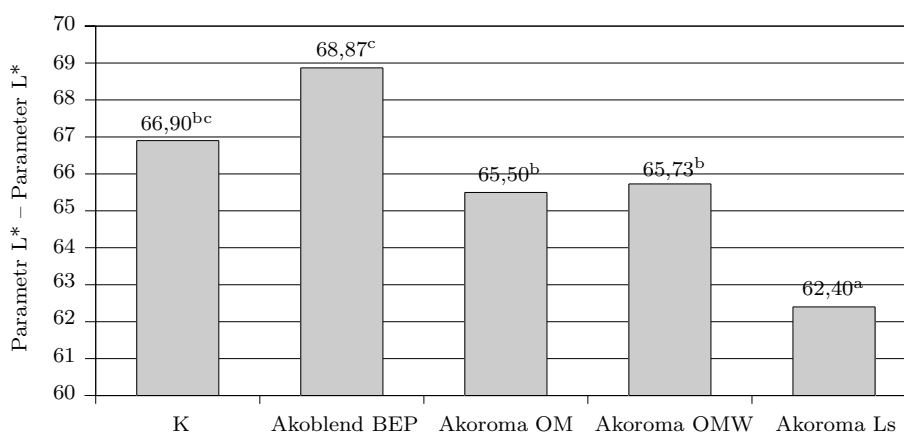
Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Uzyskane wyniki wskazują, że całkowite zastąpienie w doświadczalnych pasztetach sterylizowanych tłuszczu zwierzęcego tłuszczami roślinnymi Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls, wpływa na ich zróżnicowanie pod względem podstawowego składu chemicznego.

### 5.2.3. Barwa pasztetów sterylizowanych

Barwa przetworów mięsnych jest podstawowym wyróżnikiem ich jakości. W pierwszej kolejności wpływa na opinie konsumentów o świeżości, kruchości czy smakowitości wyrobów (Adamczak i in., 2001; Cierach i Stasiewicz, 2007; Deda i in., 2007). Jak wynika z literatury, barwa przetworów mięsnych jest parametrem zależnym między innymi od zawartości w recepturze surowców mięsnych i tłuszczowych, obecności w wyrobie dodatków niemięsnych, przypraw, mięsa odzyskanego mechanicznie, substancji peklującej czy stabilizatorów barwy (Tyburcy i in., 2005).

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny wpływ zastosowanych w doświadczeniu tłuszczów roślinnych na barwę wyprodukowanych pasztetów. Swierdzono bowiem, że wymiana tłuszczu zwierzęcego w składzie surowcowym pasztetów na tłuszcze roślinne istotnie wpłynęła na wartości parametru  $L^*$ , określającego jasność gotowego produktu. Najmniejsze zmiany jasności pasztetów spowodowało użycie do ich produkcji tłuszczu roślinnego Akoblend BEP. Z kolei największy wpływ na zmiany parametru  $L^*$  miała wymiana tłuszczu zwierzęcego na Akoromę Ls, a w wyprodukowanym pasztecie stwierdzono istotne pogorszenie jasności o 6,7% w stosunku do wyrobu kontrolnego (rys. 18).



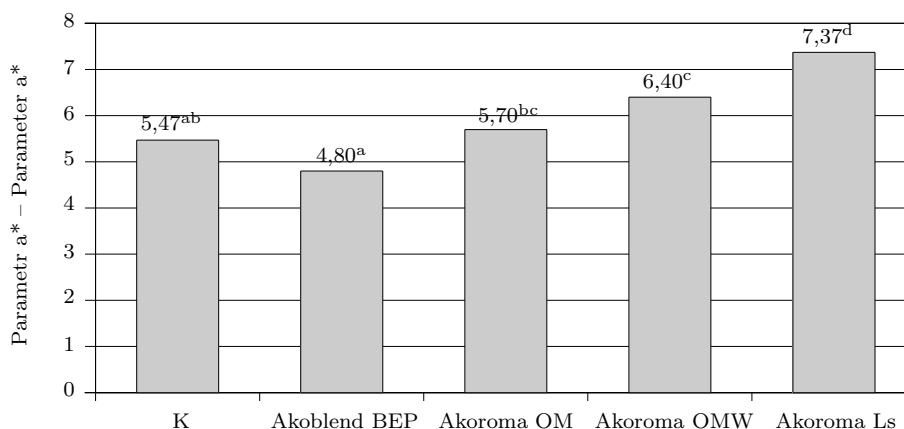
**Rys. 18.** Parametr  $L^*$  pasztetów sterylizowanych

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 18.** Parameter  $L^*$  of sterilised pates

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

W wyniku substytucji tłuszczu zwierzęcego w pasztetach sterylizowanych tłuszczem roślinnym Akoblend BEP nastąpiło obniżenie udziału barwy czerwonej. Podobny wpływ na udział barwy czerwonej wykazali Youssef i Barbut (2011), wymieniając tłuszcz wołowy na wstępnie zemulgowany olej rzepakowy. W pozostałych wariantach pasztetów wyprodukowanych z tłuszczami roślinnymi wartości parametru  $a^*$  istotnie się zwiększyły. Najwyższym udziałem barwy czerwonej charakteryzował się pasztet sterylizowany wyprodukowany z tłuszczem roślinnym Akoroma Ls, a jej wartości wzrosły prawie o 35% w porównaniu do próby kontrolnej (rys. 19).

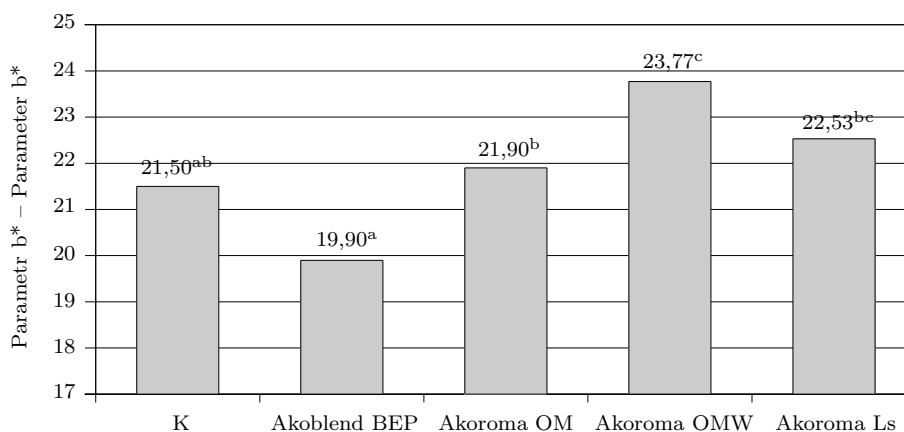


**Rys. 19.** Parametr a\* pasztetów sterylizowanych

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 19.** Parameter a\* of sterilised pates

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 20.** Parametr b\* pasztetów sterylizowanych

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 20.** Parameter b\* of sterilised pates

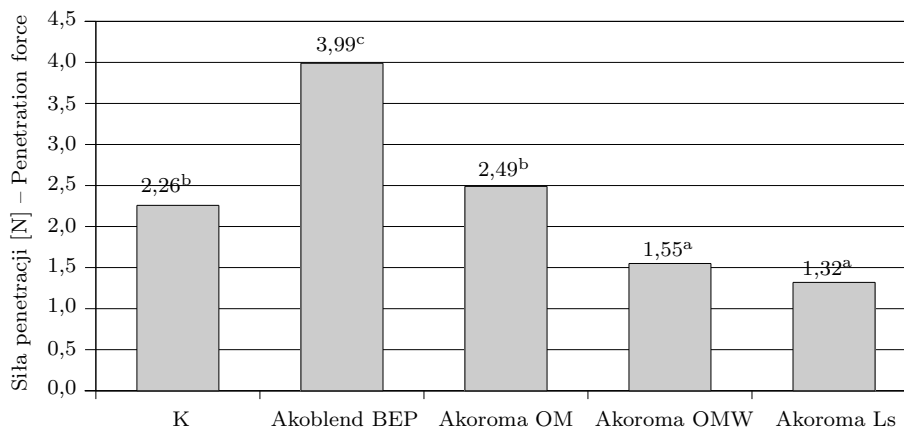
Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Podobnie jak w przypadku udziału barwy czerwonej, w pasztecie wyprodukowanym z udziałem tłuszczu roślinnego Akoblend BEP nastąpiło zmniejszenie wartości parametru b\*. Barwa doświadczalnych wariantów pasztetów produkowanych z tłuszczami roślinnymi Akoblend BEP, Akoroma OM i Akoroma Ls nie różniła się istotnie udziałem barwy żółtej w porównaniu do wariantu kontrolnego. Największy istotny wzrost udziału barwy żółtej w pasztecie spowodowało wprowadzenie do składu surowcowego tłuszczu Akoroma OMW (rys. 20).

Badania wykazały, że zastosowane w doświadczeniu tłuszcze roślinne, którymi zastępowano tłuszcz zwierzęcy w składzie surowcowym pasztetów sterylizowanych, mają wpływ na kształtowanie się barwy gotowego produktu.

#### 5.2.4. Tekstura i ocena sensoryczna pasztetów sterylizowanych

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wymiana tłuszczu zwierzęcego w składzie recepturowym pasztetów sterylizowanych na zastosowane w doświadczeniu tłuszcze roślinne miała istotny wpływ na wartości siły i pracy penetracji w gotowych wyrobach (rys. 21, 22).

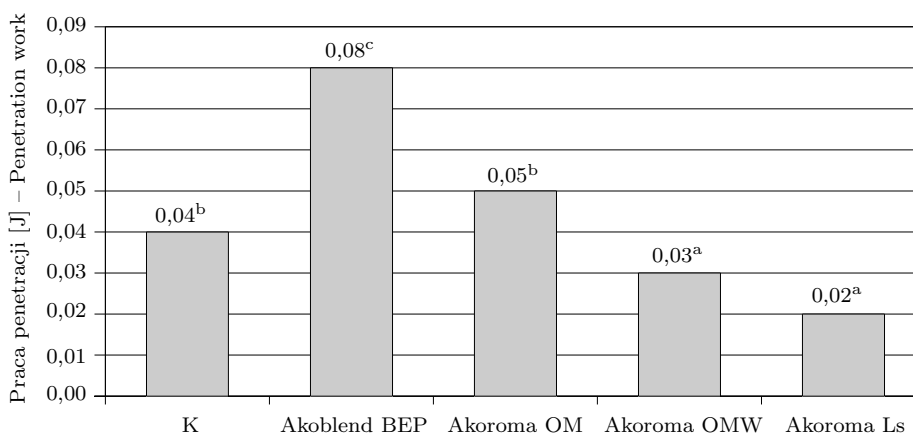


**Rys. 21.** Siła penetracji pasztetów sterylizowanych

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 21.** Penetration force of sterilised pates

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 22.** Praca penetracji pasztetów sterylizowanych

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 22.** Penetration work of sterilised pates

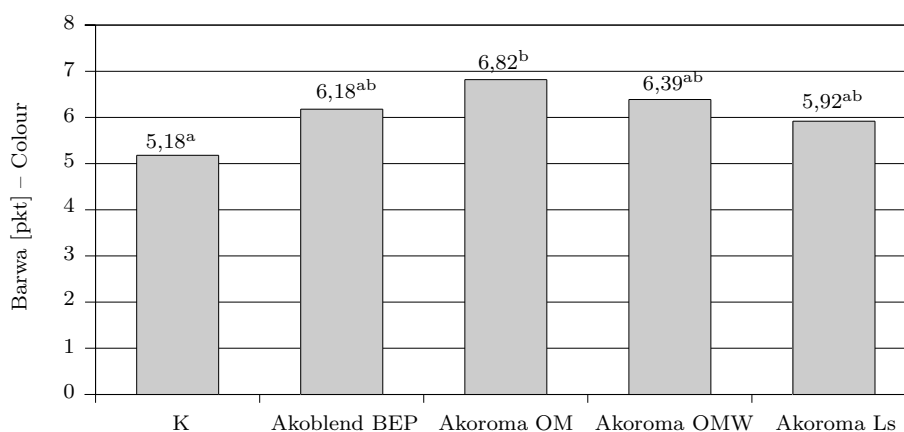
Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Wprowadzenie do wyrobu tłuszczu roślinnego zarówno Akoroma OMW, jak i Akoroma Ls spowodowało w obu przypadkach obniżenie siły i pracy penetracji. Świadczy to o tym, że dodatek tych tłuszczów roślinnych spowodował rozluźnienie

struktury wyprodukowanych pasztetów sterylizowanych. Youssef i Barbut (2010) zastępując tłuszcz zwierzęcy olejem roślinnym, zwrócili uwagę na potencjalne problemy ze zmniejszoną stabilnością emulsji. Wykazali, że zastąpienie tłuszczu wołowego w 25% olejem rzepakowym, olejem palmowym, uwodornionym olejem palmowym lub wytopionym tłuszczem wołowym w farszach mięsnych o wysokiej zawartości białka powoduje niestabilność niektórych tłuszczów.

Wymiana tłuszczu zwierzęcego w składzie recepturowym pasztetów sterylizowanych na tłuszcz roślinny Akoblend BEP spowodowała istotny wzrost wartości badanych parametrów tekstury o 76,5% dla siły penetracji oraz aż o 86% dla pracy penetracji (rys. 21, 22). Natomiast pasztet wyprodukowany z udziałem tłuszczu roślinnego Akoroma OM charakteryzował się wartościami siły i pracy penetracji zbliżonymi do wartości tych samych parametrów w pasztecie z tłuszczem zwierzęcym (rys. 21, 22).

Pasztety sterylizowane zostały poddane konsumenckiej ocenie sensorycznej mającej na celu określenie stopnia akceptacji wyrobów produkowanych z udziałem różnych tłuszczów roślinnych (rys. 23-26).



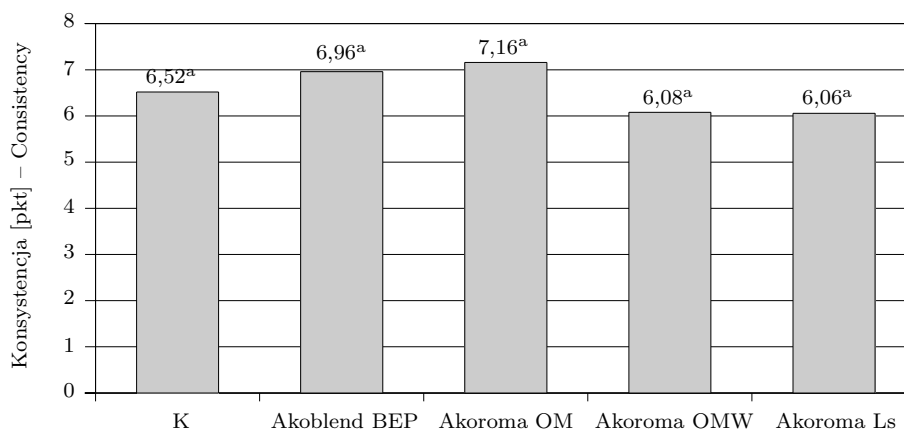
**Rys. 23.** Ocena sensoryczna barwy pasztetów sterylizowanych wyprodukowanych z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 23.** Sensory evaluation of colour of sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$ .

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 23, najbardziej akceptowalną barwą cechował się pasztet z tłuszczem roślinnym Akoroma OM. Nieznacznie niżej oceniono wyroby, do których wprowadzano pozostałe badane tłuszcze roślinne, a najmniej akceptowalną barwę stwierdzono dla próby kontrolnej. Pasztet sterylizowany wyprodukowany z udziałem tłuszczu roślinnego Akoroma OM uzyskał również nieznacznie wyższe noty w ocenie konsystencji (rys. 24), natomiast wprowadzenie tłuszczu roślinnego Akoroma Ls i Akoroma OMW do składu surowcowego pasztetów spowodowało nieznaczne zmniejszenie konsystencji w porównaniu do próby kontrolnej.

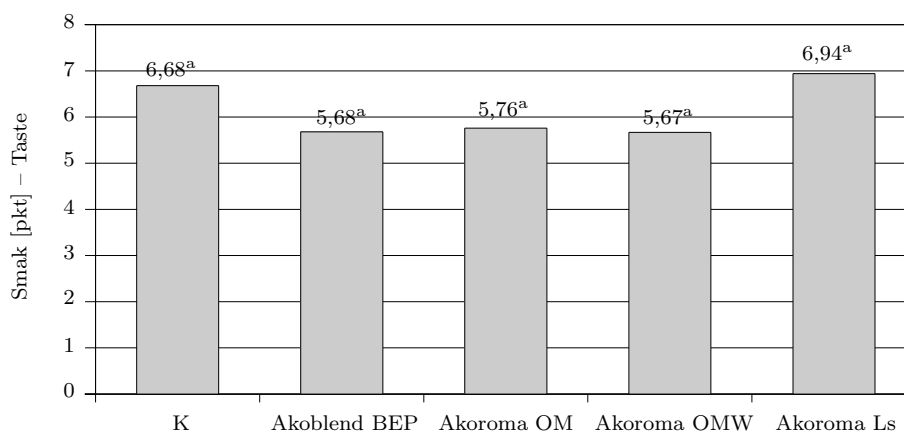


**Rys. 24.** Ocena sensoryczna konsystencji pasztetów sterylizowanych wyprodukowanych z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 24.** Sensory evaluation of consistency of sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 25.** Ocena sensoryczna smaku pasztetów sterylizowanych wyprodukowanych z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

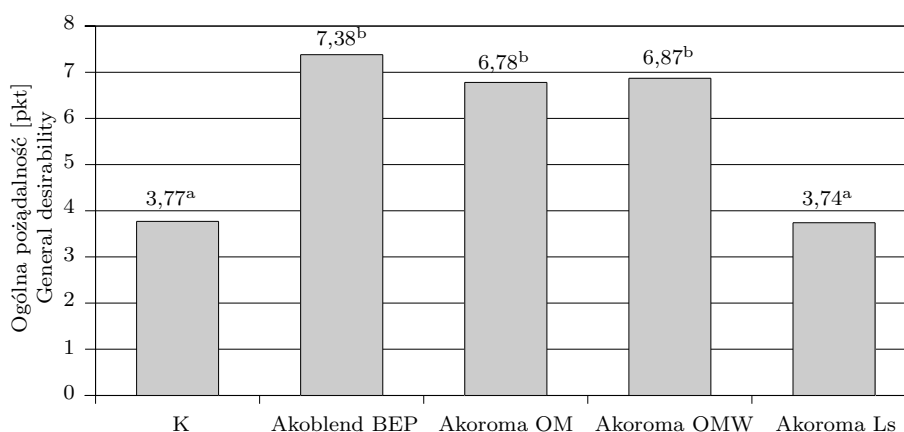
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 25.** Sensory evaluation of taste of sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



Wykorzystanie w produkcji sterylizowanych pasztetów tłuszczów roślinnych Akoblend BEP, Akoroma OM oraz Akoroma OMW wpłynęło na uzyskanie istotnie wyższych not w ocenie pożądalności ogólnej w porównaniu do próby kontrolnej i wyrobów z udziałem Akoromy Ls (rys. 26). Na uwagę zasługuje fakt, że pasztesy z udziałem tych tłuszczów uzyskały nieznacznie niższe noty w ocenie smaku, aczkolwiek nie były to różnice statystycznie istotne. Być może ma to związek z obróbką termiczną pasztetu sterylizowanego i jego składem surowcowym, a głównie z dodatkiem wątroby, gdyż właśnie ten składnik jest szczególnie wrażliwy na obróbkę termiczną i wraz ze wzrostem temperatury intensyfikuje się niekorzystny posmak sterylizacyjny produktu (Kostyra i in., 1999; Kowalski, 2000).



**Rys. 26.** Ocena sensoryczna ogólnej pożądalności pasztetów sterylizowanych wyprodukowanych z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

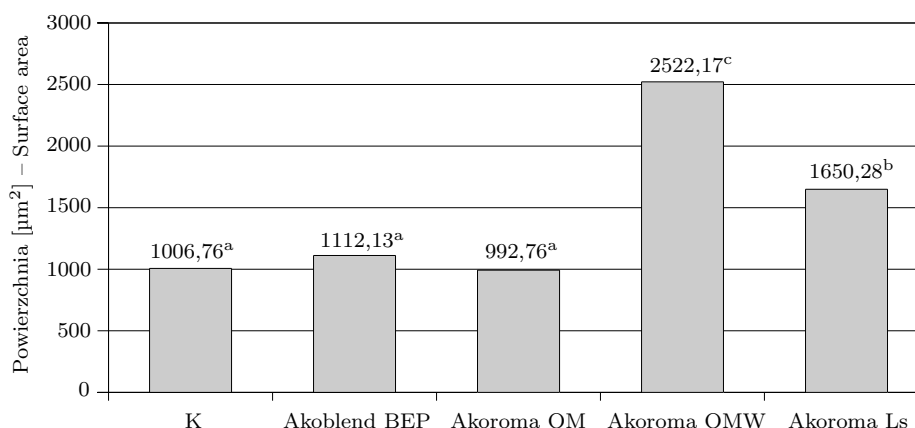
**Fig. 26.** Sensory evaluation of general desirability of sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Dotychczasowe wyniki badań dotyczące możliwości zastąpienia tłuszczu zwierzęcego tłuszczami roślinnymi oraz ich wpływu na pożądalność sensoryczną produktów mięsnych nie zawsze są jednoznaczne. Dotyczy to również tłuszczu rybiego, który w ostatnim czasie cieszy się dużym zainteresowaniem ze strony naukowców jako zamiennik tłuszczu zwierzęcego. Jak wynika bowiem z literatury, użycie oleju roślinnego lub rybiego może powodować pogorszenie smaku, zapachu, konsystencji i barwy produktu mięsnego. Jednak należy zwrócić uwagę, że zakres tych zmian jest zawsze uzależniony od stopnia wymiany tłuszczu, a także specyficznych walorów sensorycznych gotowego wyrobu mięsnego (Andrés i in., 2009; Cáceres i in., 2008; Cegiełka, 2012; Kayaardi i Gök, 2003; Pycrcz i in., 2007).

### 5.2.5. Wielkość i zdyspergowanie cząstek tłuszczu w pasztetach sterylizowanych

Przeprowadzone badania mikrostruktury z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu wykazały, że największym stopniem rozdrobnienia tłuszczu charakteryzował się pasztet sterylizowany wyprodukowany z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (rys. 27), aczkolwiek nie stwierdzono różnic statystycznie istotnych w wielkości powierzchni, obwodu oraz długości i średnicy cząstek tłuszczu pomiędzy tym wariantem, a próbą kontrolną oraz pasztetem z wymianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoblend BEP (rys. 27-30).



**Rys. 27.** Powierzchnia cząstek tłuszczu w pasztecie sterylizowanym wyprodukowanym z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

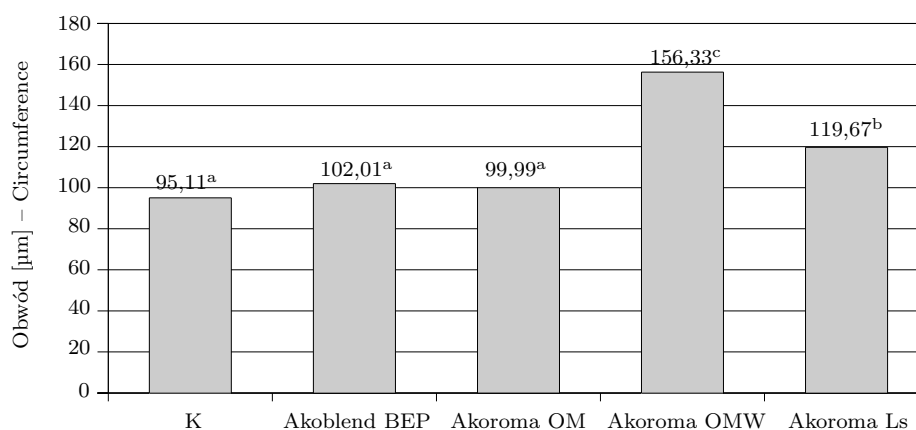
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 27.** The surface area of fat globules in sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Zaobserwowano również, że pasztet sterylizowany z udziałem tłuszczu roślinnego Akoroma OM charakteryzował się największą ilością cząstek tłuszczu oraz ich największym procentowym udziałem w badanym polu obrazu (rys. 31, 32). Zarówno wartości uzyskane dla ilości cząstek, jak i procentowego ich udziału różniły się statystycznie istotnie od tych, które uzyskano dla pozostałych wariantów doświadczenia. Świadczyć to może o tym, że tłuszcz roślinny Akoroma OM wpływa na dobre zdyspergowanie cząstek tłuszczu w utworzonej matrycy białkowej, a zarazem na wytworzenie stabilnej emulsji (Ambrosiadis i Klettner, 1981; Sadowska i Sikorski, 1976).

Substytucja zwierzęcego surowca tłuszczowego tłuszczami roślinnymi Akoroma Ls oraz Akoroma OMW wpłynęła na istotne zwiększenie powierzchni oraz pozostałych wymiarów geometrycznych cząstek tłuszczu, w porównaniu do pasztetu zawierającego tłuszcz zwierzęcy (rys. 28). Może to być związane z gorszą dyspersją tych tłuszczów w matrycy białkowej w porównaniu do próby kontrolnej, co jest o tyle istotne dla jakości gotowego wyrobu, że odpowiednie rozdrobnienie tłuszczu

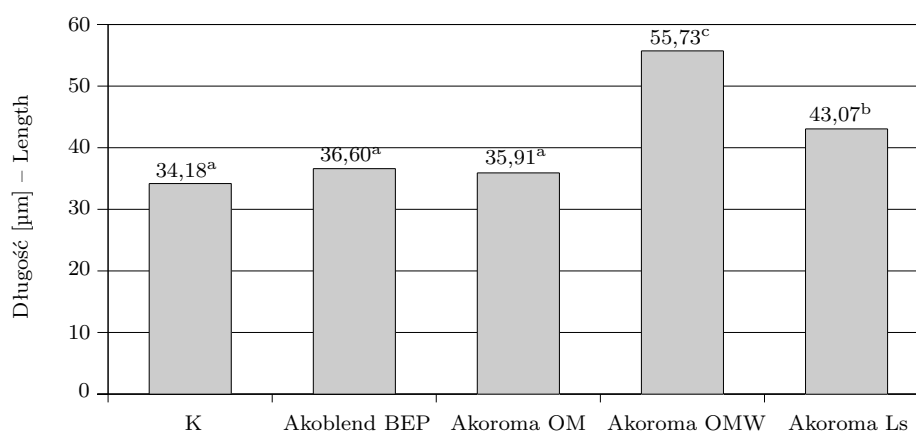


**Rys. 28.** Obwód cząstek tłuszczu w pasztecie sterylizowanym wyprodukowanym z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 28.** The circumference of fat globules in sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

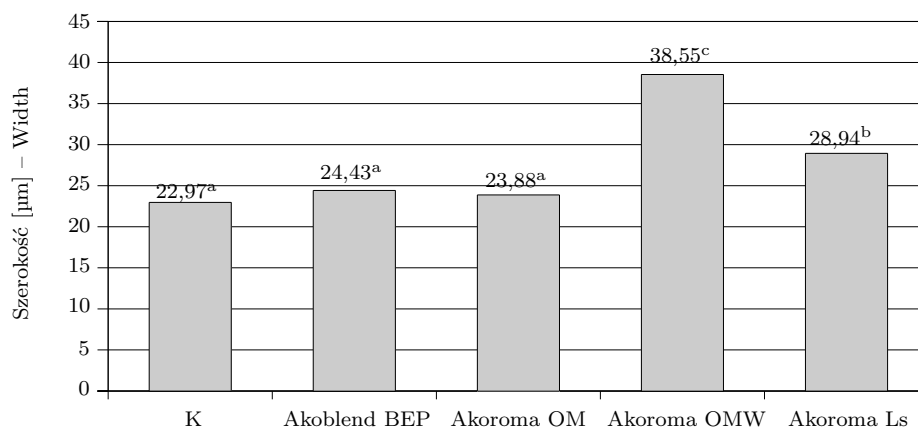


**Rys. 29.** Długość cząstek tłuszczu w pasztecie sterylizowanym wyprodukowanym z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 29.** The length of fat globules in sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

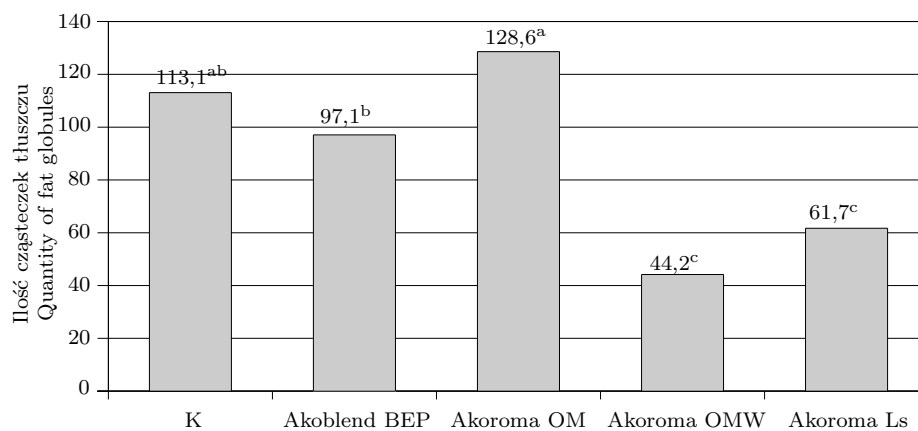


**Rys. 30.** Szerokość cząstek tłuszczu w pasztecie sterylizowanym wyprodukowanym z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 30.** The width of fat globules in sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

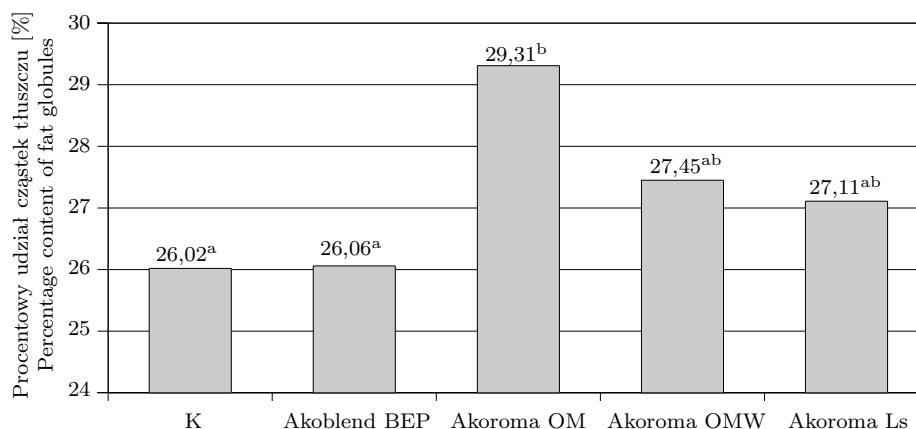


**Rys. 31.** Ilość cząstek tłuszczu w polu obrazu w pasztecie sterylizowanym wyprodukowanym z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 31.** Quantity of fat globules in the image field of sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



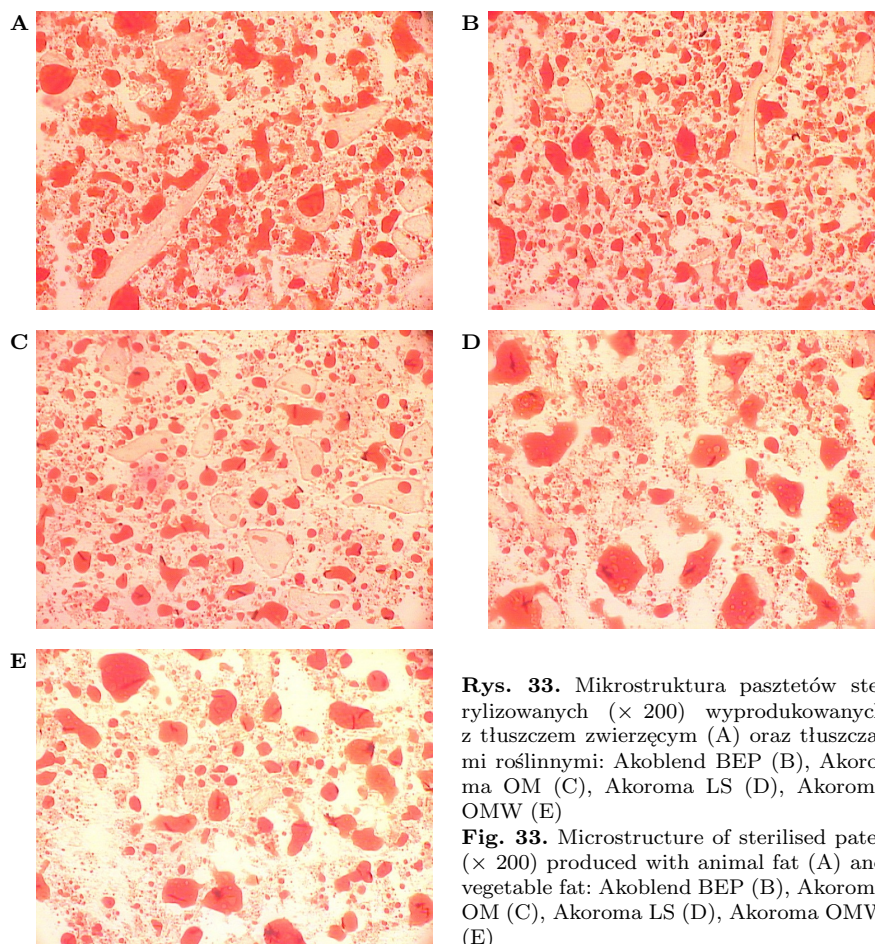
**Rys. 32.** Procentowy udział cząstek tłuszczu w polu obrazu w paszcie sterylizowanym wyprodukowanym z tłuszczem zwierzęcym (K) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 32.** Percentage content of fat globules in the image field of sterilised pates produced with animal fat (K) and vegetable fat: Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW, Akoroma Ls. Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

oraz jego dyspersja w matrycy proteinowej, a w konsekwencji pokrycie wszystkich kuleczek tłuszczu otoczką białek rozpuszczalnych w roztworach soli zapobiega koalescencji tłuszczu w czasie obróbki termicznej (Hamm i Rede, 1975; Paneras i in., 1996; Sadowska i Sikorski, 1976). Dlatego by uzyskać stabilną emulsję, należy dobrać odpowiednie proporcje czynnika emulgującego, tłuszczu, a także wody, gdyż, jak wykazali Honikel (1983) i Hermansson (1987), dodatek tłuszczu do rozdrobnionego chudego mięsa tak długo poprawia wydajność rozdrabniania, aż w końcowej jego fazie tłuszcz zostanie dobrze rozproszony w matrycy proteinowej.

Przykładowe obrazy mikrostruktury pasztetów sterylizowanych wyprodukowanych zarówno z tłuszczem zwierzęcym, jak i z zamianą zwierzęcego surowca tłuszczowego na tłuszcze roślinne Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma LS oraz Akoroma OM WZB zostały przedstawione na rysunku 33. Z danych tych wynika, że pasztet wyprodukowany z udziałem Akoromy OM charakteryzował się najbardziej równomierną powierzchnią cząsteczek tłuszczu oraz ich rozproszeniem w matrycy białkowej. Wykorzystanie w produkcji pasztetów sterylizowanych tłuszczów roślinnych Akoroma OWM oraz Akoroma Ls skutkowało zwiększeniem powierzchni cząstek tłuszczu, w porównaniu z próbą zawierającą tylko tłuszcz zwierzęcy i pozostałymi wariantami doświadczenia oraz spowodowało pogorszenie dyspersji tłuszczu (rys. 33D i 33E). Na obrazach mikrostruktury, oprócz elementów tkanki tłuszczowej zniszczonych w procesie kutowania, można zaobserwować jądra i włókna kolagenowe oraz wiele innych elementów histologicznych, które w badanych preparatach histologicznych nie były wybarwione w celu ich identyfikacji (Bogucka i Roszko-Permus, 2013; Kowalczewski i in., 2015; Krzywdzińska-Bartkowiak i in., 2005).



**Rys. 33.** Mikrostruktura pasztetów sterylizowanych ( $\times 200$ ) wyprodukowanych z tłuszczem zwierzęcym (A) oraz tłuszczami roślinnymi: Akoblend BEP (B), Akoroma OM (C), Akoroma LS (D), Akoroma OMW (E)

**Fig. 33.** Microstructure of sterilised pates ( $\times 200$ ) produced with animal fat (A) and vegetable fat: Akoblend BEP (B), Akoroma OM (C), Akoroma LS (D), Akoroma OMW (E)

Uzyskane wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że zastosowane w doświadczeniu tłuszcze roślinne Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW oraz Akoroma LS w zróżnicowany sposób wpłynęły na właściwości fizykochemiczne i mikrostrukturę wyprodukowanych pasztetów sterylizowanych.

Najlepszym rozdrobnieniem tłuszczu oraz najlepszą jego dyspersją w matrycy białkowej charakteryzował się pasztet sterylizowany wyprodukowany z udziałem tłuszczu roślinnego Akoroma OM. W tym wyrobie stwierdzono bowiem najmniejsze wymiary cząstek tłuszczu, największą ilość pól tłuszczowych oraz procentowy udział cząstek tłuszczu. Wyrób charakteryzował się również najwyższą zawartością białka, najbardziej zbliżonymi wartościami siły i pracy penetracji w porównaniu do próby kontrolnej oraz wysokimi notami pożądalności ogólnej. Stąd też na podstawie analizy uzyskanego materiału liczbowego tłuszcz roślinny Akoroma OM wybrano do dalszego etapu badań, które miały na celu ustalenie wpływu zróżnicowanego jego dodatku na jakość kiełbas drobno rozdrobnionych.

### 5.2.6. Związanie wody i struktura farszów drobno rozdrobnionych

Po dokonaniu wyboru tłuszczu roślinnego w pierwszym etapie doświadczenia przeprowadzono produkcję farszów oraz wędlin drobno rozdrobnionych typu parówkowa, w których tłuszcz zwierzęcy wymieniano na Akoromę OM w ilości 50%, 75% oraz 100%.

**Tabela 4.** Wyróżniki farszów drobno rozdrobnionych wyprodukowanych ze zróżnicowaną wymianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM w ilości 0% (próba kontrolna), 50%, 75% i 100%

**Table 4.** Parameters of finely comminuted batters produced with varied substitution levels of animal fat with Akoroma OM added at 0% (control sample), 50%, 75% and 100%

Wyróżnik Parameter	Poziom wymiany tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM Level of animal fat substitution with Akoroma OM			
	0%	50%	75%	100%
Lepkość pozorna [Pa·s] Apparent viscosity	636,9 <sup>a</sup>	666,6 <sup>b</sup>	732,4 <sup>c</sup>	739,9 <sup>c</sup>
Wyciek cieplny [%] Cooking loss	2,22 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	1,13 <sup>b</sup>	2,33 <sup>a</sup>
Woda wolna [%] Free water	10,16 <sup>a</sup>	10,97 <sup>a</sup>	8,13 <sup>b</sup>	7,89 <sup>b</sup>

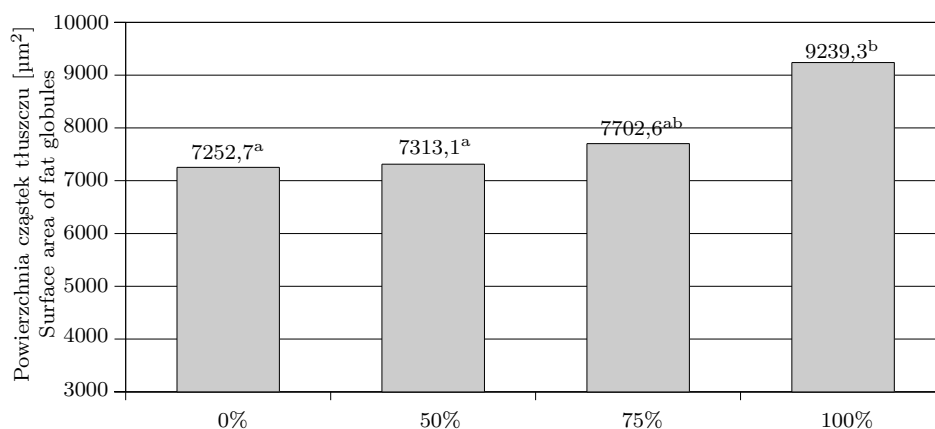
Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 4, wraz ze wzrostem wymiany tłuszczu zwierzęcego na Akoromę OM następował istotny wzrost lepkości pozornej oraz istotne zmniejszenie zawartości wody wolnej w farszach drobno rozdrobnionych. Stwierdzono, że istotny wpływ na zawartość wycieku cieplnego, stanowiącego sumę ubytków wody, części rozpuszczalnych białek oraz tłuszczu i substancji mineralnych, miała wymiana tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz Akoroma OM w ilości 75% (tab. 4). Na podstawie otrzymanych wyników można przypuszczać, że 75% substytucja tłuszczu zwierzęcego tłuszczem roślinnym Akoroma OM wpływa na utworzenie bardziej zwartej fazy ciągłej w farszu drobno rozdrobnionym (Dolata, 1992b; Lachowicz i in., 1999). Pozostałe warianty doświadczenia nie wykazywały istotnego wpływu na ilość wycieku cieplnego powstającego w trakcie obróbki termicznej, który jest jednym z ważniejszych wskaźników służących do oceny jakości technologicznej farszów mięsnych. Według Adamczak i Szczeblewskiej (2004) w wyniku strat masy powstającej podczas ogrzewania produktu mięsnego może następować między innymi pogorszenie cech sensorycznych gotowego produktu.

Badania mikrostruktury z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu wykazały, że wraz ze stopniem wymiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny zwiększała się powierzchnia, obwód, długość i szerokość cząstek tłuszczu (rys. 34, tab. 5), a tym samym pogarszała się jego dyspersja w marycy białkowej, co z kolei można zaobserwować na obrazach mikrostruktury farszów przedstawionych na rysunku 34.

W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wymiana tłuszczu zwierzęcego w farszu w ilości 50% jest optymalnym udziałem, który dobrze wpływa



**Ryc 34.** Powierzchnia cząstek tłuszczu w farszach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 34.** The surface area of fat globules in finely comminuted batters produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

**Tabela 5.** Parametry cząstek tłuszczu w farszach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

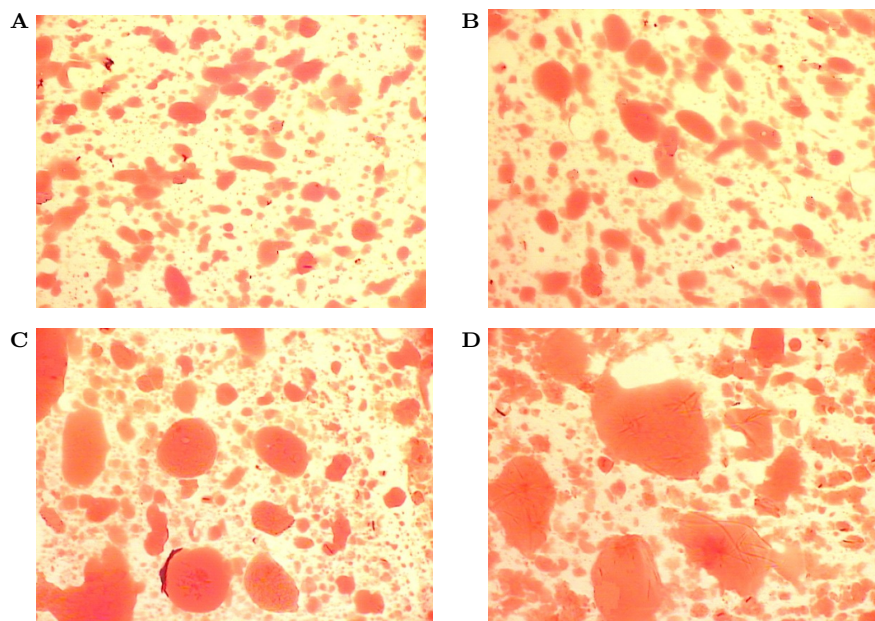
**Table 5.** Parameters of fat globules in finely comminuted batters produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Parametr Parameter	Poziom wymiany tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM Level of animal fat substitution with Akoroma OM			
	0%	50%	75%	100%
Obwód [µm] Circumference	266,35 <sup>a</sup>	260,95 <sup>a</sup>	271,06 <sup>a</sup>	299,88 <sup>b</sup>
Długość [µm] Length	95,88 <sup>a</sup>	94,64 <sup>a</sup>	97,6 <sup>ab</sup>	106,65 <sup>b</sup>
Szerokość [µm] Width	65,08 <sup>ab</sup>	62,04 <sup>a</sup>	63,65 <sup>ab</sup>	70,97 <sup>b</sup>
Liczba cząstek tłuszczu Quantity of fat globules	68,3 <sup>a</sup>	64,1 <sup>a</sup>	61,1 <sup>a</sup>	70,7 <sup>a</sup>
Udział cząstek tłuszczu [%] Percent content of fat globules	33,35 <sup>a</sup>	30,35 <sup>a</sup>	29,55 <sup>a</sup>	41,29 <sup>b</sup>

Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .





**Rys. 35.** Mikrostruktura farszów drobno rozdrobnionych ( $\times 200$ ) wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM: A – 0%, B – 50%, C – 75%, D – 100%

**Fig. 35.** Microstructure of finely comminuted batters ( $\times 200$ ) produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM: A – 0%, B – 50%, C – 75%, D – 100%

na jakość wyprodukowanych farszów. Przekroczenie tej ilości powoduje pogorszenie dyspersji tłuszczu w matrycy białkowej, obserwowane w pracy jako wzrost zróżnicowania powierzchni cząstek tłuszczu oraz pogorszenie jakości farszów. Przyczyną może być także wpływ czasu kutrowania, który według Dolaty (1992b) powinien zmniejszać się wraz ze wzrostem udziału tłuszczu zwierzęcego w farszu, co wiąże się z mniejszą odpornością mechaniczną farszu o większym udziale tuszczu. Tłuszcz jest surowcem bardziej plastycznym od tkanki mięśniowej i wymaga krótszego czasu rozdrabniania do tej samej wielkości cząstek. Natomiast w przeprowadzonym doświadczeniu zwiększając wymianę tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny, stosowano zawsze taki sam czas kutrowania. Tłumaczyłoby to tak duże zróżnicowanie wymiarów cząstek tłuszczu, szczególnie w farszu z całkowitą wymianą tłuszczu zwierzęcego na roślinny Akoroma OM (rys. 35). Na obrazach mikrostruktury widoczne są bowiem bardzo liczne zarówno drobne kuleczki tłuszczu, jak i kuleczki o bardzo dużej powierzchni, a także miejscowe skupiska połączonych cząstek tłuszczu (rys. 35).

### 5.2.7. Podstawowy skład chemiczny kiełbas

Wyniki oznaczeń podstawowego składu chemicznego modelowych produktów przedstawiono w tabeli 6. Z uzyskanych danych wynika, że wraz ze wzrostem wymiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny następowało istotne zwiększenie zawartości tłuszczu (o około 26%) oraz obniżenie zawartości wody (o około 9%) w wyprodukowanych wędlinach. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu ilości wymienianego tłuszczu zwierzęcego na roślinny Akoroma OM na zawartość białka ogólnego, mimo że w gotowym wyrobie można było zaobserwować nieznaczne zmniejszenie jego zawartości wraz ze wzrostem udziału tłuszczu roślinnego.

**Tabela 6.** Podstawowy skład chemiczny kiełbas drobno rozdrobnionych wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

**Table 6.** Basic chemical composition of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Parametr Parameter	Poziom wymiany tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM Level of animal fat substitution with Akoroma OM			
	0%	50%	75%	100%
Białko [%] Protein	12,05 <sup>a</sup>	11,76 <sup>a</sup>	11,83 <sup>a</sup>	11,63 <sup>a</sup>
Woda [%] Water	63,47 <sup>a</sup>	61,09 <sup>b</sup>	58,67 <sup>c</sup>	57,55 <sup>c</sup>
Tłuszcz [%] Fat	22,65 <sup>a</sup>	25,17 <sup>b</sup>	27,06 <sup>c</sup>	28,63 <sup>d</sup>

Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Również Rycielska i Słowiński (2012) stwierdzili, że zawartość wody i białka malały, a zawartość tłuszczu wzrastała wraz ze wzrastającą ilością wymienianego tłuszczu z podgardla olejem rzepakowym tłoczonym na zimno, natomiast Vural (2003) wykazał, że zastąpienie tłuszczu zwierzęcego olejem roślinnym powoduje obniżenie zawartości wody oraz podwyższenie zawartości tłuszczu w wyrobie gotowym.

### 5.2.8. Barwa i parametry tekstury kiełbas

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnego ( $p \leq 0,05$ ) wpływu zróżnicowanej wymiany surowca tłuszczowego pochodzenia zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM na wartości parametru barwy L\* decydującego o jasności produktu (tab. 7). Jednak wraz ze wzrastającą wymianą tłuszczu zwierzęcego następowało istotne obniżenie udziału barwy czerwonej. Przy najwyższym (100%) udziale Akoromy OM w zestawie surowcowym wędliny wartość parametru a\* zmniejszyła się o 18,2% (tab. 7). Według Jimenez-Colmenero (2006) redukcja tłuszczu w produktach mięsnych sprzyja powstawaniu ciemniejszego zabarwienia

i zwiększeniu udziału barwy czerwonej w gotowym produkcie. W przeprowadzonych badaniach nie wykazano jednak takiej tendencji. Prawdopodobną przyczyną może być to, że tłuszcz zwierzęcy wymieniało się na tłuszcz roślinny bez innych środków wspomagających, na przykład białek mięsnych.

Zaobserwowano brak istotnego wpływu poziomu wymiany zwierzęcego surowca tłuszczowego na parametr barwy  $b^*$  (tab. 7). Wprawdzie można było zaobserwować nieznaczny jego wzrost, wraz ze wzrostem poziomu substytucji tłuszczu zwierzęcego, ale były to zmiany nieistotne. Niektórzy badacze wykazali, że na wzrost udziału barwy żółtej w wędlinach może mieć wpływ substytucja tłuszczu zwierzęcego olejem z orzechów laskowych (Gulen i Serdaroglu, 2012; Özvural i Vural, 2008) czy też olejem kukurydzianym (Bishop i in., 1993).

**Tabela 7.** Parametry barwy ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) kielbas drobno rozdrobnionych wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

**Table 7.** Colour parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Parametry barwy Colour parameters	Poziom wymiany tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM Level of animal fat substitution with Akoroma OM			
	0%	50%	75%	100%
$L^*$	65,3 <sup>a</sup>	67,0 <sup>a</sup>	66,6 <sup>a</sup>	66,1 <sup>a</sup>
$a^*$	7,7 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>	7,2 <sup>b</sup>	6,3 <sup>c</sup>
$b^*$	12,8 <sup>a</sup>	13,4 <sup>a</sup>	13,4 <sup>a</sup>	13,5 <sup>a</sup>

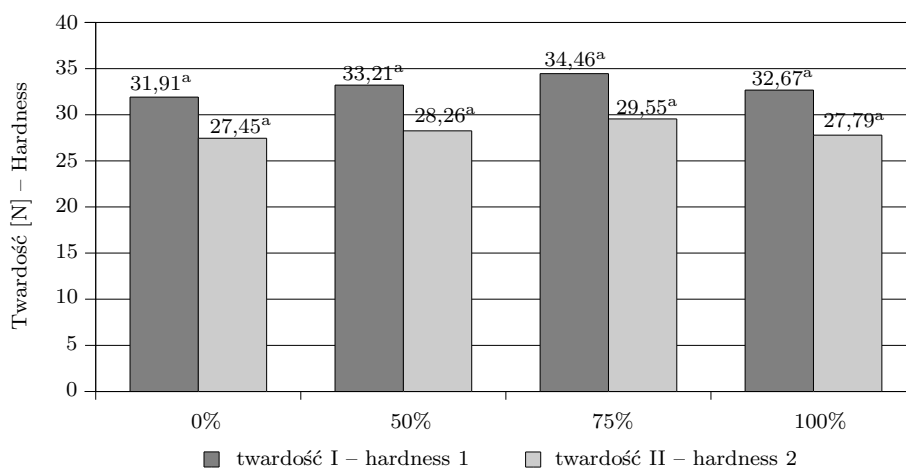
Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Zróznicowana wymiana tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM nie miała statystycznie istotnego wpływu na twardość I i II wyprodukowanych kielbas, aczkolwiek nieznacznie większą twardością charakteryzowała się wędlina z 75-procentową wymianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny (rys. 36). Aby zapobiec zbyt dużej twardości, niektórzy badacze zastępowali część tłuszczu wodą. Jednak podczas przechowywania wędlin w opakowaniach próżniowych wraz z wzrastającą zawartością wody w produktach zwiększał się wyciek przechowalniczy, a sam dodatek wody powodował, że wędlina stawała się bardziej miękka i uzyskiwała ciemniejszą barwę (Bishop i in., 1993; Claus i in., 1989). Z kolei Hsu i Yu (2002) zastępując tłuszcz wieprzowy olejami roślinnymi, wykazali, że zastąpienie 25% tłuszczu wieprzowego nie zmieniło właściwości tekstury gotowego wyrobu.

Nie wykazano również statystycznie istotnego wpływu zróżnicowanej zamiany tłuszczu pochodzenia zwierzęcego na roślinny Akoroma OM na spoistość wyprodukowanych kielbas. Mimo że różnice nie były istotne, można zauważyć, że spoistość nieznacznie zmniejszała się wraz ze wzrostem ilości tłuszczu roślinnego w wędlinie. Za to całkowita wymiana zwierzęcego surowca tłuszczowego na tłuszcz roślinny istotnie wpłynęła na pogorszenie elastyczności w porównaniu do wędliny zawierającej wyłącznie tłuszcz zwierzęcy (rys. 37).

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 38, siła cięcia wzrastała wraz ze zwiększeniem ilości wymienianego tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny. Najwyższą siłą cięcia cechowała się próba ze 100-procentową wymianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM, najniższą zaś wyrób z 50-procentową

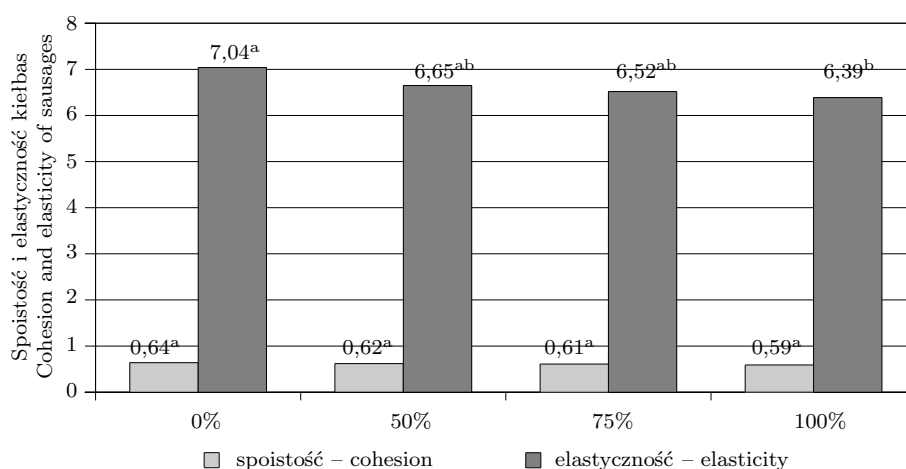


**Rys. 36.** Twardość (I i II) kiełbas wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 36.** Hardness (1 and 2) of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

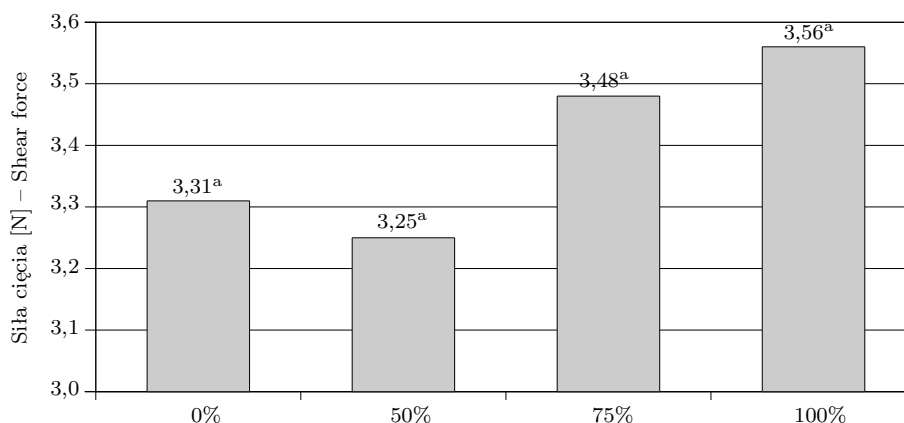


**Rys. 37.** Spoistość i elastyczność kiełbas wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 37.** Cohesion and elasticity of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

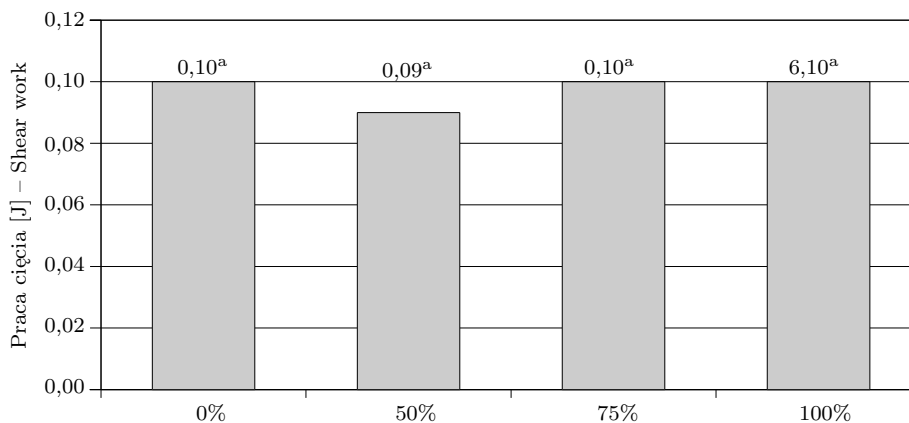


**Rys. 38.** Siła cięcia kielbas wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 38.** Shear force of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 39.** Praca cięcia kielbas wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

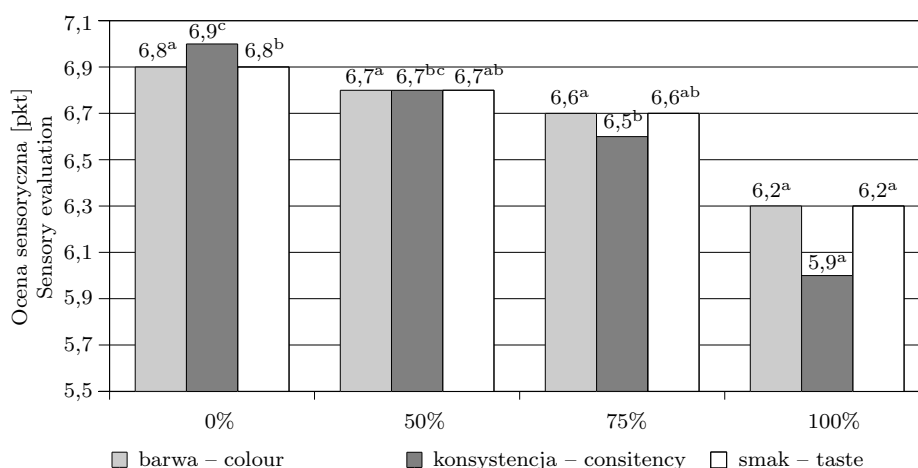
**Fig. 39.** Shear work of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat to vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

wymianą tłuszczu. Jednak nie były to różnice statystycznie istotne (rys. 38). Nie stwierdzono również istotnych różnic w pracy cięcia pomiędzy badanymi wariantami wyprodukowanych kielbas (rys. 39).

### 5.2.9. Ocena konsumentencka kielbas

Wymiana tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM wpłynęła na obniżenie not przyznanych wyrobom wyprodukowanym z udziałem tego tłuszczu w stosunku do wędliny kontrolnej. Biorąc pod uwagę konsystencję, soczystość i smak, można zauważyć zmniejszenie wartości bezwzględnych wraz ze wzrostem ilości wymiany tłuszczu zwierzęcego. Stwierdzono, że najmniejszymi wartościami badanych parametrów charakteryzowała się wędlina wyprodukowana ze 100-procentową wymianą tłuszczu, a uzyskane noty dla konsystencji i smaku różniły się istotnie w porównaniu do próby kontrolnej (rys. 40).



**Rys. 40.** Ocena sensoryczna barwy, konsystencji i smaku kielbas wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

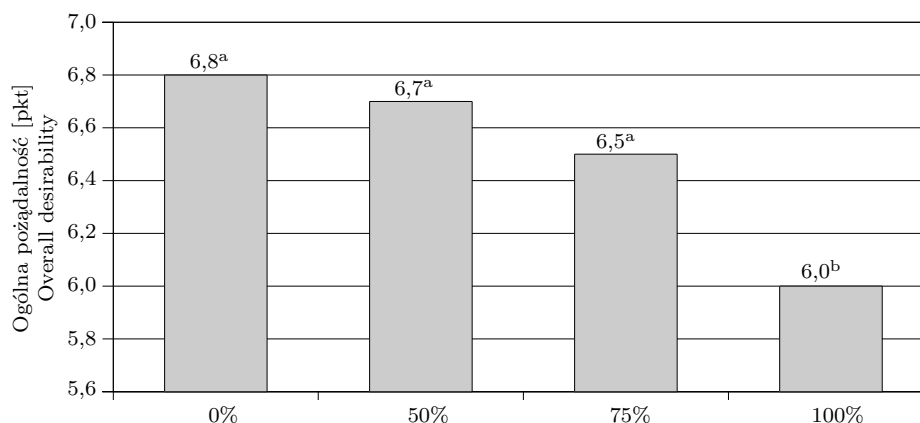
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 40.** Sensory evaluation of colour, consistency and taste of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$ .

Omawiając rezultaty oceny konsumentckiej, stwierdzić należy, iż najwyższym stopniem pożądalności cechowała się próba kontrolna, zaś najniższym wędlina z całkowitą wymianą tłuszczu zwierzęcego na roślinny Akoroma OM (rys. 41). Świadczy to o tym, że dodatek tłuszczu roślinnego, mimo prozdrowotnych przesłanek, w pewnym stopniu wpływa na pogorszenie walorów sensorycznych kielbas, co również zaobserwowali w badaniach Pyrcz i in. (2007), zastępując tłuszcz zwierzęcy olejem rzepakowym, słonecznikowym i margaryną „Rama”. Z kolei Vural i in. (2004) dowiedli, że częściowe wprowadzenie w miejsce tłuszczu zwierzęcego przeestryfikowanych olejów roślinnych przygotowanych z palmy, nasion bawełny oraz błonnika buraczanego nie powoduje znaczących zmian w wyglądzie, barwie, teksturze czy ogólnej pożądalności parówek.

Przeprowadzone badania wykazały, że substytucja zwierzęcego surowca tłuszczowego tłuszczem roślinnym Akoroma OM w wędlinach drobno rozdrobnionych typu parówkowa może być prowadzona do poziomu 50%. Dalszy wzrost wymiany tłuszczu powoduje pogorszenie walorów sensorycznych. Jak wynika z badań, ogra-



**Rys. 41.** Ogólna pożądalność kielbas wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

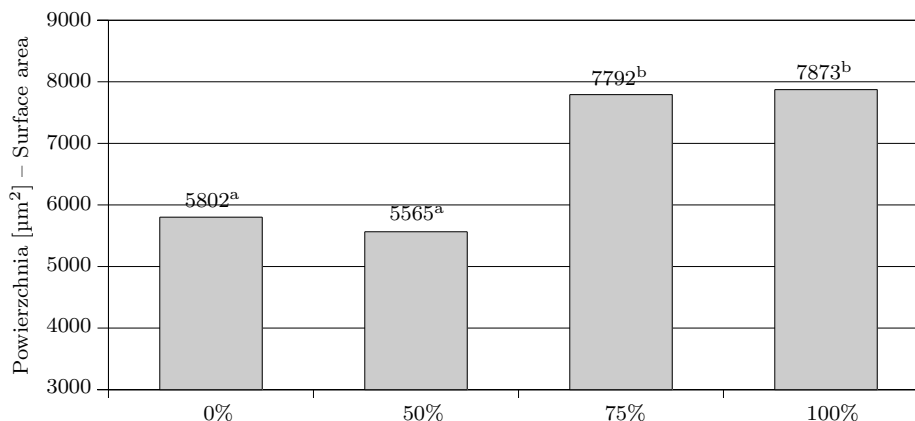
**Fig. 41.** Overall desirability of comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

niczenie tłuszczu zwierzęcego w składzie recepturowym wędlin drobno rozdrobnionych, przez wprowadzenie tłuszczu roślinnego, ma wpływ na jakość gotowego produktu. Także inni badacze zajmujący się zamianą tłuszczu zwierzęcego stosując dodatek do produktów mięsnych różnych jego zamienników, uzyskali w większości wyniki świadczące o pogorszeniu tekstury lub walorów sensorycznych (Ambrosiadis i in., 1996; Dolata i in., 2002a; Makała i in., 2001; Makała, 2003; Yum i in., 2018).

### 5.2.10. Wielkość i zdyspergowanie cząstek tłuszczu w kielbasach

Przeprowadzone badania mikrostruktury z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu wykazały, że najlepszym stopniem rozdrobnienia oraz dyspersją tłuszczu w matrycy białkowej charakteryzowała się wędlina drobno rozdrobniona, w której tłuszcz zwierzęcy zastąpiono tłuszczem roślinnym Akoroma OM w ilości 50%. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ ( $p \leq 0,05$ ) wymiany tłuszczu zwierzęcego na Akoromę OM na powierzchnię pól tłuszczowych w wyprodukowanych wędlinach (rys. 42). Wzrost wymiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny w ilości 75 i 100% skutkowało również zwiększeniem pozostałych wymiarów geometrycznych cząstek tłuszczu takich jak obwód, długość i szerokość (rys. 43, 44, 45). Kielbasa parówkowa wyprodukowana z 50-procentowym udziałem tłuszczu roślinnego charakteryzowała się również największą ilością cząstek tłuszczu w badanym polu obrazu (rys. 46). Ich całkowita powierzchnia zajmowała porównywalną powierzchnię analizowanego obrazu w porównaniu do próby z 75-procentową wymianą tłuszczu (rys. 47).

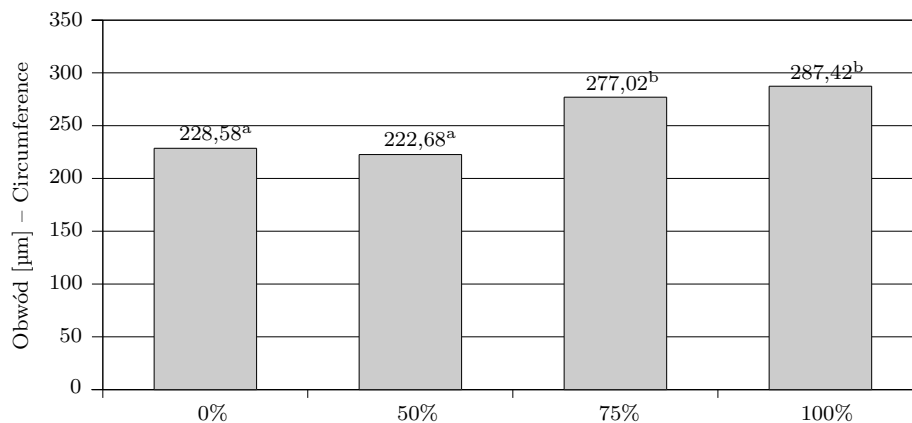


**Ryc. 42.** Powierzchnia cząstek tłuszczu w kielbasach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 42.** The surface area of fat globules in comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 43.** Obwód cząstek tłuszczu w kielbasach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

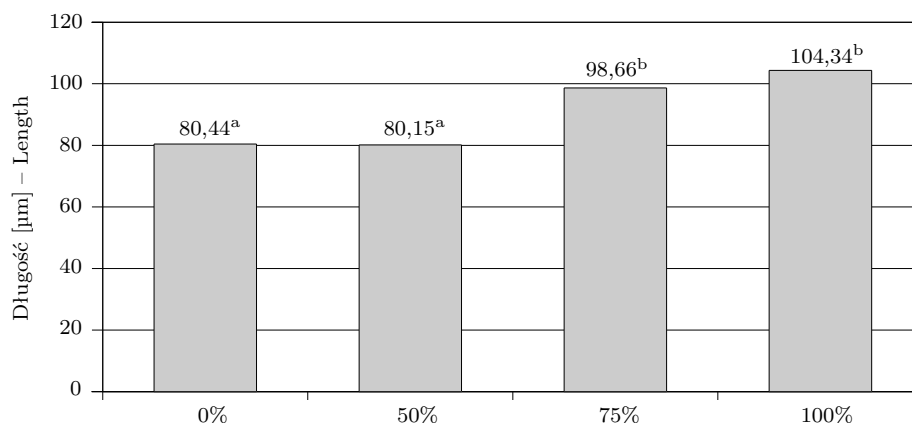
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 43.** The circumference of fat globules in comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Na obrazach mikrostruktury wędliny wyprodukowanej z całkowitą wymianą tłuszczu zwierzęcego na roślinny Akoroma OM można zaobserwować cząsteczki tłuszczu o bardzo małej powierzchni oraz większe cząsteczki tłuszczowe tworzące skupiska (rys. 48). Być może ma to związek z faktem, że wędlina ta charakteryzowała się najwyższą zawartością tłuszczu i najniższą zawartością białka (tab. 4). Oznacza to, że wzrósł stosunek ilości tłuszczu do białka. Prawdopodobnie białka nie były w stanie otoczyć wszystkich kuleczek tłuszczowych powłoką białkową,



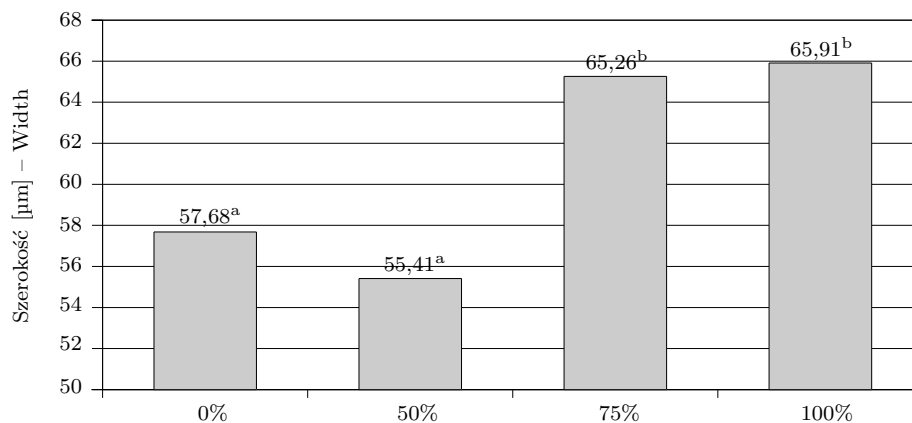


**Rys. 44.** Długość cząstek tłuszczu w kielbasach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 44.** The length of fat globules in comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 45.** Szerokość cząstek tłuszczu w kielbasach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

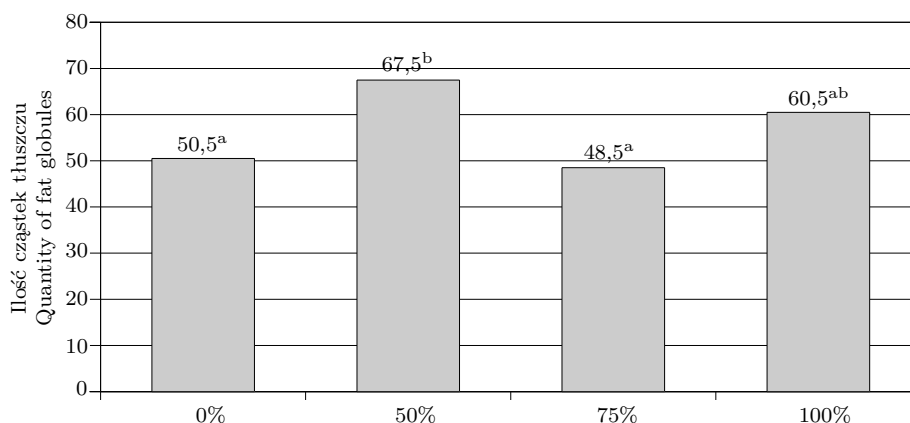
Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 45.** The width of fat globules in comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

co chroni tłuszcz przed zlewaniem się i wydzieleniem podczas obróbki termicznej (Hamm i Rede, 1975; Paneras i in., 1996; Sadowska i Sikorski, 1976).

Badania mikrostruktury z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu pozwoliły stwierdzić, że wprowadzenie do składu recepturowego tłuszczu roślinnego Akoroma OM w ilości 50% jest optymalnym udziałem, który dobrze wpływa na jakość wędlin. Przekroczenie tej ilości powoduje pogorszenie dyspersji tłuszczu w matrycy białkowej, wzrost zróżnicowania powierzchni cząstek tłuszczu, a co się z tym wiąże, pogorszenie jakości farszów i wyprodukowanych z nich wędlin.

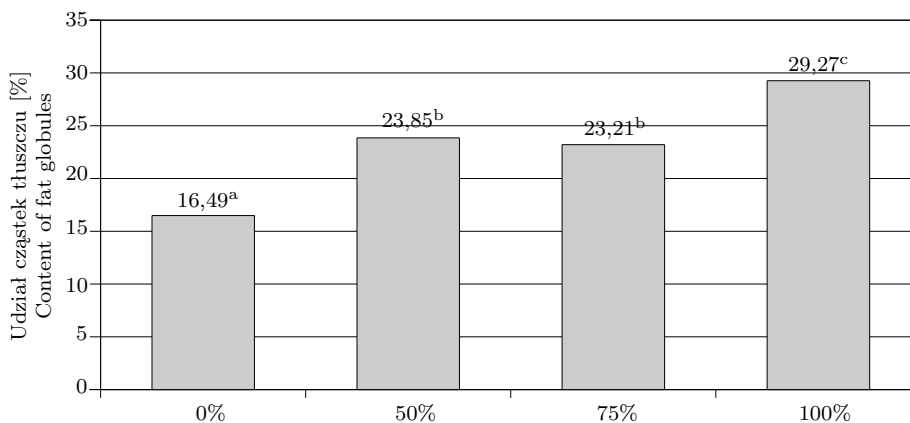


**Rys. 46.** Ilość cząstek tłuszczu w kielbasach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 46.** Quantity of fat globules in the image field in comminuted sausages produced with the substitution of animal fat with vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



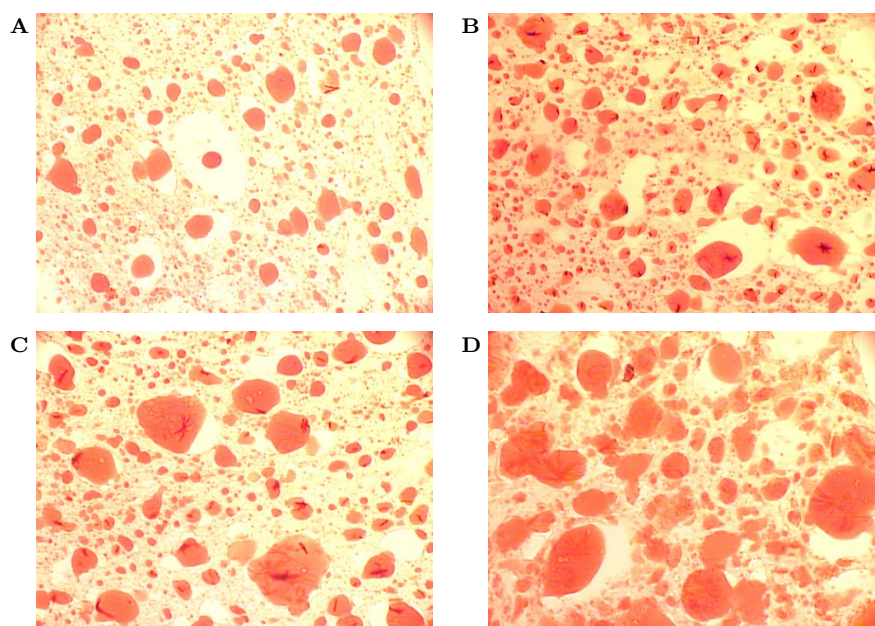
**Rys. 47.** Procentowy udział cząstek tłuszczu w polu obrazu w kielbasach wyprodukowanych z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM (0, 50, 75 i 100%)

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 47.** Percentage content of fat globules in the image field in comminuted sausages produced with the substitution of animal fat to vegetable fat Akoroma OM (0, 50, 75 and 100%)

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Przeprowadzone doświadczenie daje możliwość opracowania nowych produktów z całkowitą wymianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM w pasztetach sterylizowanych, a także z 50-procentową wymianą w wyrobach drobno rozdrobnionych typu parówkowa. Jednak aby poprawić właściwości jakościowe emulsji mięsnych z różnymi dodatkowymi rodzajami tłuszczów roślinnych, konieczne są dalsze badania dotyczące dodawania innych składników do systemów emulsji mięsnych (Choi i in., 2015).



**Rys. 48.** Mikrostruktura kielbasy ( $\times 200$ ) wyprodukowanej z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM: A – 0%, B- 50%, C -75%, D – 100%

**Fig. 48.** Microstructure of sausage ( $\times 200$ ) produced with the substitution of animal fat (A) with vegetable fat Akoroma OM: A – 0%, B- 50%, C -75%, D – 100%

### 5.3. Wpływ rodzaju kutra na jakość kielbas drobno rozdrobnionych

#### 5.3.1. Wprowadzenie

W procesie produkcji wędlin drobno rozdrobnionych najważniejszym zabiegiem jest kutrowanie. Proces ten polega na mechanicznym rozdrobieniu mięsa w celu uzyskania jednolitej konsystencji oraz związaniu wszystkich dodanych składników. Podczas kutrowania następuje znaczne rozdrobienie surowca, uwodnienie białek dodaną wodą, zemulgowanie tłuszczów oraz (w wyniku mieszania i homogenizacji) wyrównanie przestrzennej dyspersji wszystkich składników. Efektem tych operacji jest wieloskładnikowy i wielofazowy układ fizyczny zwany farszem ze zmienioną w dużej mierze wyjściową strukturą fizyczną wszystkich kutrowanych surowców (Grabowska i Hamm, 1978; Hamm i Rede, 1975; Sadowska i Sikorski, 1976; Wirth, 1985). Kutrowanie powinno więc zapewnić optymalny stopień rozdrobnienia tkanki mięśniowej, tkanki łącznej i tkanki tłuszczowej oraz równomierność rozproszenia tłuszczu w fazie rozpraszającej (Curt i in., 2004; Dolata, 1992b; Ehrle i in., 2004). Technologiczny efekt kutrowania zależy od wielu czynników, które związane są z surowcem, technologią wytwarzania farszów oraz z parametrami technicznymi kutra (Dolata, 1992b, 1999a, b; Dolata i Kałużny, 1981; Haak i in., 2002; Krzywdzińska-Bartkowiak i in., 2014; Micklisch i in., 2004; Schnäkel i in., 2012).

Celem powyższego doświadczenia było określenie wpływu zastosowanego rodzaju kutra na jakość i strukturę wędlin drobno rozdrobnionych wyprodukowanych w warunkach przemysłowych. Wykorzystanie metod histochemicznych i systemu komputerowej analizy obrazu mikroskopowego pozwoliło na uzyskanie szeregu informacji niedostępnych przy wykorzystaniu metod fizykochemicznych.

### 5.3.2. Podstawowy skład chemiczny kiełbas

Na podstawie analizy danych przedstawionych w tabeli 8 nie stwierdzono istotnych różnic ( $p \leq 0,05$ ) w zawartości białka, tłuszczu oraz wody w wędlinach wyprodukowanych przy wykorzystaniu obu rodzajów kutrów użytych w badaniach.

Zastosowanie do produkcji farszów drobno rozdrobnionych kutra przelotowego spowodowało, że uzyskane w ten sposób kiełbasy cechował istotnie niższy wyciek cieplny w porównaniu do tych wyprodukowanych w kutrze misowym (tab. 8.). Stwierdzono również istotny wpływ zastosowanego rodzaju kutra na lepkość pozorną. Uzyskanie wyższych wartości lepkości pozornej w farszu wyprodukowanym w kutrze przelotowym oraz mniejszych wartości wycieku cieplnego może świadczyć o tym, że zastosowany kuter wpłynął na szybsze wytworzenie się emulsji białkowo-tłuszczowej niż miało to miejsce w kutrze misowym.

**Tabela 8.** Wpływ rodzaju kutra na badane wyróżniki farszów drobno rozdrobnionych  
**Table 8.** The effect of the cutter type on analysed parameters of finely comminuted batters

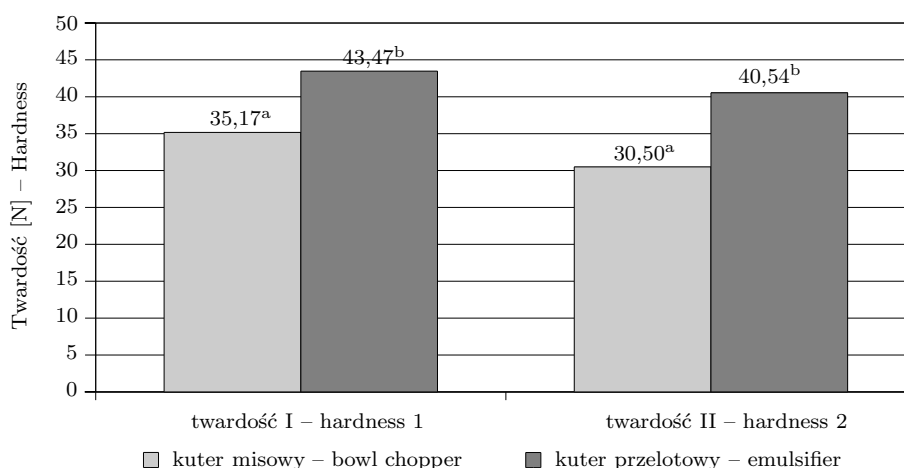
Wyróżniki Parameters	Rodzaj kutra – Type of cutters	
	kuter misowy bowl chopper	kuter przelotowy emulsifier
Białko [%] Protein	8,52 <sup>a</sup> ±0,5	8,62 <sup>a</sup> ±0,6
Tłuszcz [%] Fat	17,66 <sup>a</sup> ±0,4	17,67 <sup>a</sup> ±0,2
Woda ogólna [%] Total water	67,05 <sup>a</sup> ±1,3	66,87 <sup>a</sup> ±0,6
Lepkość pozorną [Pa·s] Apparent viscosity	668,93 <sup>a</sup> ±2,1	784,5 <sup>b</sup> ±1,5
Wyciek cieplny [%] Cooking loss	10,94 <sup>a</sup> ±0,4	9,37 <sup>b</sup> ±0,3
Woda wolna [%] Free water	19,9 <sup>a</sup> ±0,2	20,6 <sup>b</sup> ±0,1

Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

### 5.3.3. Tekstura i wyróżniki oceny sensorycznej kiełbas

Wyprodukowane z farszów mięsnych wędliny drobno rozdrobnione poddano analizie tekstury, a uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 49 i w tabeli 9. Jak wynika z danych, rodzaj zastosowanego kutra miał istotny wpływ na twardość I i II, przy czym wyższymi wartościami obu parametrów charakteryzowała się wędlina wyprodukowana w kutrze przelotowym.



**Rys. 49.** Twardość (I i II) kiełbas wyprodukowanych w kutrze misowym i kutrze przelotowym. Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 49.** Hardness (1 and 2) of comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier.

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

**Tabela 9.** Wyróżniki tekstury kiełbas wyprodukowanych w kutrze misowym i kutrze przelotowym.

**Table 9.** Parameters characterising texture of comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier.

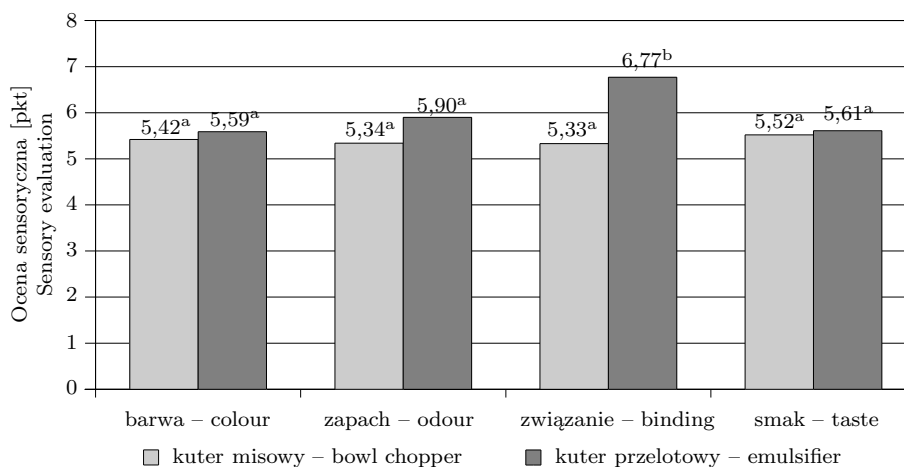
Wyróżniki tekstury Parameters texture	Rodzaj kutra – Type of cutters	
	kuter misowy bowl chopper	kuter przelotowy emulsifier
Spoistość Cohesion	0,74 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
Elstyczność [mm] Elasticity	7,33 <sup>a</sup>	7,65 <sup>b</sup>
Siła cięcia [N] Shear force	3,07 <sup>a</sup>	3,26 <sup>a</sup>
Praca cięcia [J] Shear work	0,09 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>

Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Mimo że nie wykazano istotnych różnic w spoistości, to jednak można zaobserwować nieznacznie wyższą jej wartość w wędlinach wyprodukowanych w kutrze przelotowym. Zastosowanie tego rodzaju kutra istotnie wpłynęło na poprawę elastyczności wędlin (tab. 9). Siła potrzebna do przecięcia wędlin była również wyższa w przypadku prób uzyskanych w kutrze przelotowym (tab. 9). Świadczyć to może o dobrym związaniu wody i prawidłowej interakcji między wszystkimi składnikami wędlin drobno rozdrobnionych wyprodukowanych w tym typie kutra. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że farsz w kutrze przelotowym powstaje w czasie przejścia przygotowanej masy przez układ tnący kutra, w związku z tym czas wytwarzania farszu jest tu stosunkowo krótki. Również bardzo ważna jest wartość końcowej temperatury kutrowania, która razem z czasem kutrowania wpływa na zdolność wiązania wody i tłuszczu, co z kolei ma bezpośredni wpływ na stabilność struktury utworzonego farszu i jakość gotowego wyrobu (Ehrle i in., 2004; Wajdzik, 2017). Nie stwierdzono jednak istotnego wpływu rodzaju zastosowanego kutra na wartości pracy cięcia i siły cięcia (tab. 9).

Wyniki konsumenciej ceny sensorycznej zamieszczono na rysunkach 50 i 51. Na ich podstawie wykazano istotny ( $p \leq 0,05$ ) wpływ rodzaju zastosowanego w produkcji wędlin drobno rozdrobnionych kutra na wiązanie, soczystość oraz ogólną pożądalność wędlin. W tym przypadku istotnie wyższe noty otrzymały wędliny wyprodukowane w kutrze przelotowym. Nie stwierdzono istotnego wpływu rodzaju zastosowanego urządzenia rozdrabniającego na ocenę barwy badanej na przekroju wędlin, zapachu oraz smaku (rys. 50). Konsumenci ocenili również wyżej wędliny wyprodukowane w kutrze przelotowym pod względem konsystencji (rys. 51), aczkolwiek nie były to różnice statystycznie istotne.

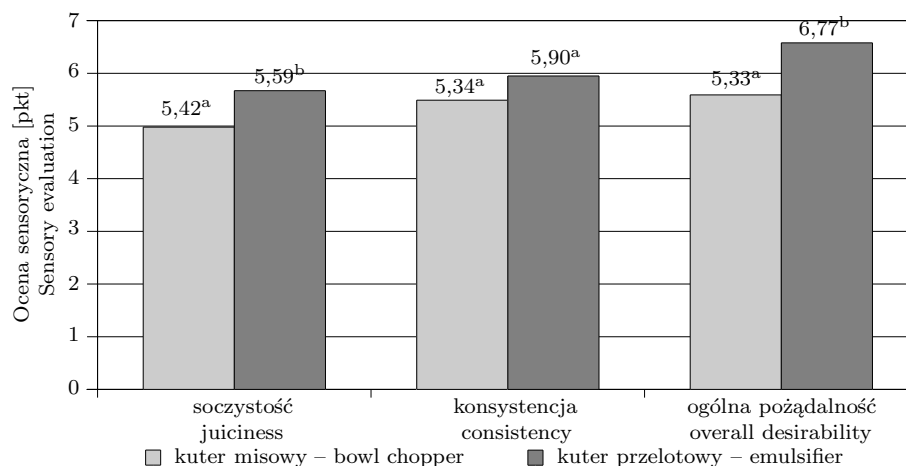


**Rys. 50.** Ocena sensoryczna barwy, zapachu, związania i smaku kiłbas wyprodukowanych w kutrze misowym i kutrze przelotowym

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 50.** Sensory evaluation of colour, odour, binding and taste of comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 51.** Ocena sensoryczna soczystości, konsystencji i ogólnej pożądalności kiełbas wyprodukowanych w kutrze misowym i kutrze przelotowym

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 51.** Sensory evaluation of juiciness, consistency and overall desirability of comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier

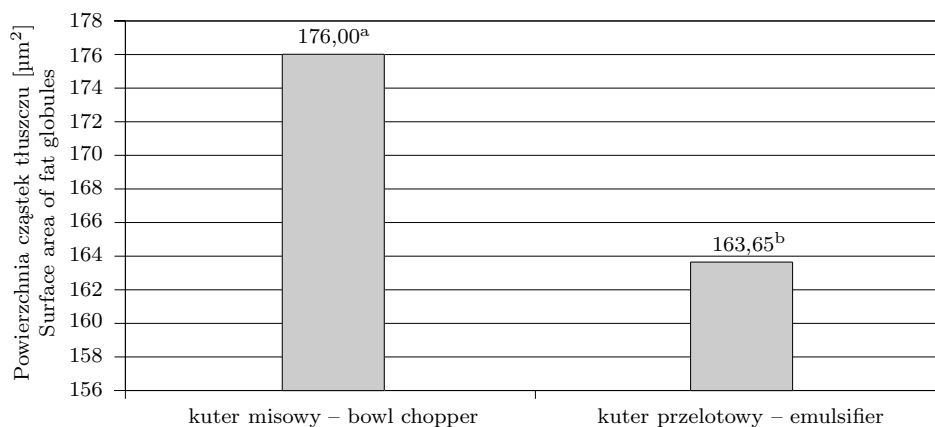
Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

#### 5.3.4. Mikrostruktura kiełbas wyprodukowanych w kutrze misowym i przelotowym

Analizując wyniki uzyskane z wykorzystaniem metod histochemicznych i komputerowej analizy obrazu, stwierdzono, że najlepszym rozdrobnieniem tłuszczu oraz najlepszą jego dyspersją w matrycy białkowej charakteryzowała się wędlina wyprodukowana w kutrze przelotowym. Analizie poddano wielkość cząstek tłuszczu oraz włókien kolagenowych ze względu na to, że właśnie dyspersja kuleczek tłuszczu w matrycy białkowej oraz całkowite otwarcie struktury białka przed zmianą tekstury tłuszczu zapewniają stabilność i właściwości reologiczne farszu oraz tworzenie się prawidłowej tekstury gotowego wyrobu (Ehrle i in., 2004). Wędliny wyprodukowane w kutrze przelotowym charakteryzowały się mniejszymi wymiarami cząstek tłuszczu (średnio o 7%), większą ilością pól tłuszczowych oraz porównywalnym procentowym udziałem cząstek tłuszczu w badanym polu obrazu (rys. 52, tab. 10).

Z analizy obrazów mikrostruktury wędlin wynika, że kuleczki tłuszczu były równomiernie rozproszone na całej obserwowanej powierzchni zarówno w wędlinie wyprodukowanej w kutrze przelotowym, jak i misowym (rys. 53). Zastosowanie kutra tradycyjnego podczas procesu kutrowania spowodowało jednak większe zróżnicowanie powierzchni cząstek tłuszczu. Na obrazach mikrostruktury (rys. 53) można zaobserwować również obecność dużej liczby bardzo drobnych cząstek, a wśród nich pola tłuszczowe o większej powierzchni. Należy zwrócić uwagę na to, że bezstrukturalna masa białkowa może być całkowicie otwarta już w temperaturze od 3°C do 5°C, a tłuszcz przechodzi w stan plastyczny dopiero w temperaturze powyżej 8°C. Dyspersja kuleczek tłuszczu w matrycy białkowej wymaga więc

określonej temperatury przy równoczesnym działaniu pracy mieszania, tarcia i rozdrabniania i, co się z tym łączy, również czasu rozdrabniania. Mimo że w kutrze przelotowym farsz był wytwarzany w krótszym czasie, to uzyskana temperatura około 12°C zapewniła całkowite otwarcie struktury białka przed zmianą tekstury tłuszczu i równomierne jego rozporoszenie w matrycy białkowej w obu wariantach farszów (Ehrle i in., 2004).



**Rys. 52.** Powierzchnia cząstek tłuszczu w kiełbasie wyprodukowanej w kutrze misowym i kutrze przelotowym

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 52.** The surface area of fat globules in comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

**Tabela 10.** Parametry cząstek tłuszczu w kiełbasie wyprodukowanej w kutrze misowym i kutrze przelotowym

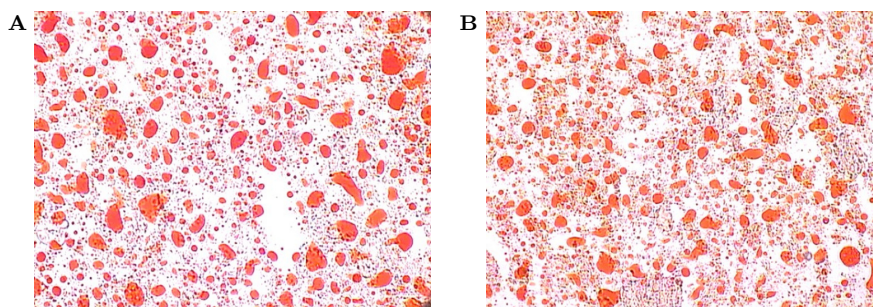
**Table 10.** Parameters of fat globules in comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier

Parametry cząstek tłuszczu The parameters of fat globules	Rodzaj kutra – Type of cutters	
	kuter misowy bowl chopper	kuter przelotowy emulsifier
Obwód [µm] Circumference	44,14 <sup>a</sup>	41,59 <sup>a</sup>
Długość [µm] Length	14,53 <sup>a</sup>	13,35 <sup>b</sup>
Szerokość [µm] Width	11,31 <sup>a</sup>	10,75 <sup>b</sup>
Liczba cząstek tłuszczu Quantity of fat globules	0,09 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>
Udział cząstek tłuszczu [%] Percentage content of fat globules	111,5 <sup>a</sup>	124,4 <sup>a</sup>

Wartości średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

Mean values denoted by various letters and placed in the rows differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



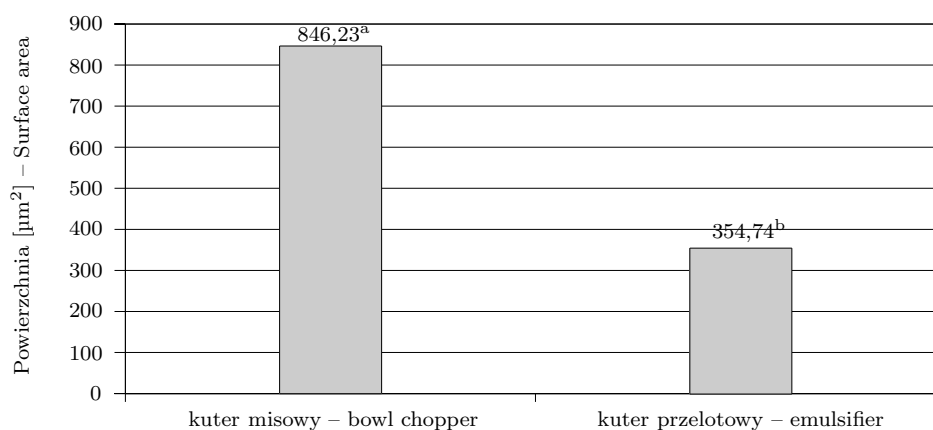


**Rys. 53.** Mikrostruktura kiełbas wyprodukowanych w: A – kutrze misowym, B – kutrze przelotowym ( $\times 200$ ; tłuszcz wybarwiony na czerwono)

**Fig. 53.** Microstructure of comminuted sausages produced in two types of cutters: A – bowl cutter, B – emulsifier ( $\times 200$ ; fat is stained red)

Tkanka łączna jest tym składnikiem kutowanych farszów, który najtrudniej poddaje się procesowi rozdrabniania. Biorąc to pod uwagę, można podzielić proces kutowania na trzy okresy. W pierwszym okresie kutowania następuje szybkie rozdrabnianie masy surowcowej i słabe jeszcze związanie dodanej wody. W okresie drugim ustalają się pożądane właściwości reologiczne kutowanego farszu, a dopiero w następnym okresie następuje rozdrobnienie elementów łącznotkankowych (Dolata, 1992b; Dolata i in., 1998; Pezacki, 1984). Dlatego tkanka łączna jest bardzo dobrym parametrem, który powinien pomóc w zróżnicowaniu wyprodukowanych wędlin. Tym bardziej, że w kutrze przelotowym surowiec rozdrabniany jest w krótszym czasie niż w misowym.

Wyniki komputerowej analizy obrazu włókien kolagenowych w wędlinach wyprodukowanych w dwóch różnych typach kutrów zostały przedstawione na rysunkach 54 i 55. Porównując powierzchnię, długość, szerokość i obwód włókien kolage-

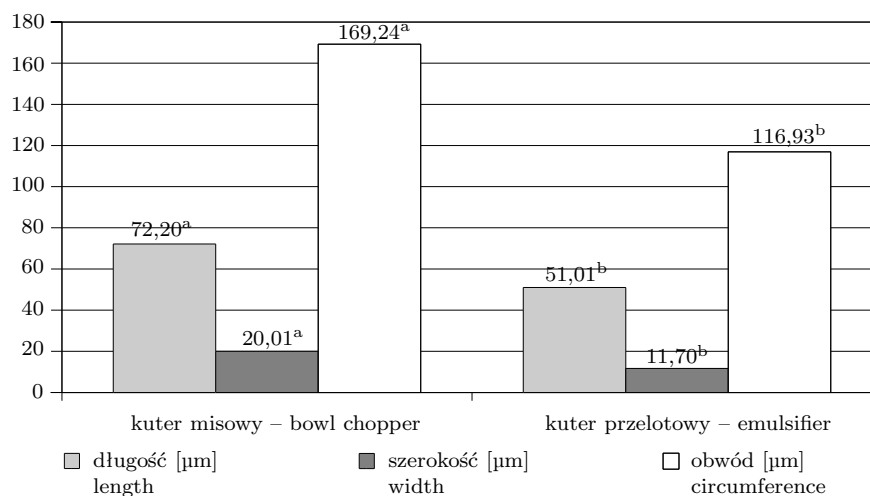


**Rys. 54.** Powierzchnia włókien kolagenowych w kiełbasie wyprodukowanej w kutrze misowym i kutrze przelotowym

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 54.** The surface area of collagen fibres in comminuted sausages produced in a bowl chopper and an emulsifier

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

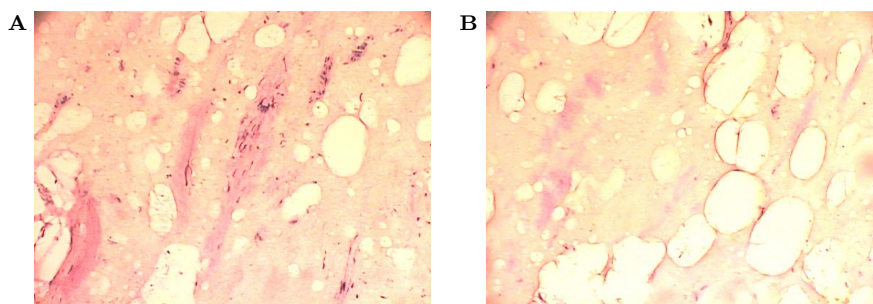


**Rys. 55.** Długość, szerokość i obwód włókien kolagenowych w kiełbasie wyprodukowanej w kutrze misowym i kutrze przelotowym

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ).

**Fig. 55.** The length, width and circumference of collagen fibres in sausage produced in a bowl chopper and an emulsifier

Mean values denoted by various letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .



**Rys. 56.** Mikrostruktura kiełbas wyprodukowanych w: A – kutrze misowym, B – kutrze przelotowym ( $\times 200$ ; kolagen wybarwiony na czerwono)

**Fig. 56.** Microstructure of comminuted sausages produced in two types of cutters: A – bowl cutter; B – emulsifier ( $\times 200$ ; collagen fibre is stained red)

nowych, stwierdzono, że istotnie niższymi wartościami tych elementów struktury cechowały się wędliny wyprodukowane w kutrze przelotowym, w porównaniu do tych elementów ocenionych w wędlinie wyprodukowanej w kutrze tradycyjnym (rys. 54, 55). Różnice w mikrostrukturze pomiędzy dwoma wariantami wędlin można również zaobserwować na obrazach mikrostruktury (rys. 56).

Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu w przeprowadzonych badaniach pozwoliło na analizę elementów struktury badanych wędlin drobno rozdrobnionych. Uzyskane wyniki zwymiarowanych cząstek tłuszczu oraz włókien kolagenowych wykazały lepsze zemulgowanie farszów drobno rozdrobnionych wyprodukowanych w kutrze przelotowym, a kiełbasy wytworzone z tych farszów uzyskały istotnie wyższą pożądalność ogólną w ocenie sensorycznej.

## 6. PODSUMOWANIE

Rynek produktów spożywczych wykazuje dużą dynamikę zmian swojej oferty rynkowej, chcąc sprostać zmieniającym się i zróżnicowanym preferencjom współczesnego konsumenta, którego wymogi są podstawowym kryterium kształtującym jakość produktów. Przede wszystkim konsument oczekuje żywności wysokiej jakości, tj. bezpiecznej, o dużych walorach sensorycznych oraz o właściwościach prozdrowotnych (Babicz-Zielińska i in., 2010). Wyroby mięsne, w tym liczne asortymenty szynek parzonych i wyrobów drobno rozdrobnionych, ze względu na to, że należą do najpowszechniej spożywanych wyrobów mięsnych, są przedmiotem licznych badań. W tych badaniach wykorzystuje się między innymi analizy fizykochemiczne, sensoryczne czy histologiczne, które w połączeniu z komputerowym systemem analizy obrazu mikroskopowego dodatkowo mogą dostarczyć cennych informacji na temat składu i jakości produktu. Niniejsza praca stanowi rozszerzenie wiedzy na temat wpływu procesu technologicznego, zamienników tłuszczu zwierzęcego oraz parametrów technicznych kutra na strukturę, a w konsekwencji na teksturę, jakość sensoryczną, i parametry fizykochemiczne wyrobów mięsnych. Dostępne publikacje na temat procesu kutrowania przedstawiają niepełny obraz kształtowania się struktury gotowych wyrobów drobno rozdrobnionych o zróżnicowanym składzie surowcowym, a szczególnie obniżonej zawartości tłuszczu zwierzęcego. Dlatego w pracy podjęto takie badania, wykorzystując poza analizami fizykochemicznymi i sensorycznymi technikę komputerowej analizy obrazu.

W celu kompleksowej analizy wpływu wymienionych czynników na jakość gotowego wyrobu badania zostały przeprowadzone w trzech zadaniach badawczych.

W pierwszej części badań określono dynamikę zmian struktury mięśni: półbłoniastego (*musculus semimembranosus* SM) i czterogłowego uda (*musculus quadriceps femoris* QF) poddanych procesowi nastrzykiwania, masowania i pasteryzacji oraz przeprowadzono analizę fizykochemiczną i sensoryczną gotowego produktu. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w zawartości białka ogólnego pomiędzy badanymi mięśniami SM i QF w kolejnych etapach doświadczenia, a czynnikiem różnicującym zawartość tego składnika w obu badanych mięśniach była faza procesu produkcji modelowych szynek. Przeprowadzone badania wykazały, że mięsień półbłoniasty charakteryzował się większą dynamiką zmian wielkości elementów strukturalnych w procesie plastyfikacji i pasteryzacji niż mięsień czterogłowy uda. Po nastrzyku solanką pekłującą nastąpiło obkurczenie się komórek włókien mięśniowych w obu badanych mięśniach. Świadczyć to może o tym, że sam proces nastrzyku nie spowodował penetracji większości solanki wewnątrz komórek. Pozostająca w przestrzeniach międzykomórkowych solanka wpłynęła na ściśnięcie komórek, której wchłonięcie do wewnątrz włókna nastąpiło dopiero podczas procesu masowania. Porównując surowe mięśnie, stwierdzono, że bardziej regularnym kształtem charakteryzowały się komórki włókien mięśnia półbłoniastego niż czterogłowego uda. Kolejne fazy procesu technologicznego wpływały na uzyskanie bardziej regularnego kształtu włókien mięśnia czterogłowego uda, a proces pasteryzacji utrwalił wytworzoną strukturę. Przeprowadzona ocena konsumencka wykazała, że szynka wyprodukowana z mięśnia QF charakteryzowała się nieznacznie wyższymi notami w ocenie kruchości. Nie były to jednak różnice statystycznie

istotne. Natomiast ta sama szynka uzyskała istotnie wyższe noty w ocenie soczystości. W ocenie pożądalności ogólnej konsumenci wystawili zbliżone i dość wysokie noty zarówno dla szynki wyprodukowanej z mięśnia SM, jak i z QF, czego potwierdzeniem są badania instrumentalne, w których na podstawie wielkości siły wymaganej do przecięcia kawałka mięsa prostopadle do przebiegu włókien mięśniowych wykazano, że siła cięcia szynki z obu mięśni była mniejsza niż 30 N, stąd też wyroby z obu badanych mięśni można było uznać za kruche.

W kolejnym zadaniu badawczym analizowano wpływ zamiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcze roślinne na mikrostrukturę, właściwości fizykochemiczne i jakość pasztetów oraz farszów drobno rozdrobnionych i wyprodukowanych z nich wędlin.

Wymiana tłuszczu zwierzęcego w składzie surowcowym pasztetów na tłuszcze roślinne istotnie wpłynęła na obniżenie zawartości białka w porównaniu do próby kontrolnej, tzn. pasztetu wyprodukowanego tylko z udziałem tłuszczu zwierzęcego. Najniższą zawartością białka charakteryzował się pasztet, który w swym składzie surowcowym zawierał tłuszcz roślinny Akoroma Ls. Spośród zastosowanych w doświadczeniu tłuszczów roślinnych najwyższą zawartość białka stwierdzono w pasztecie wyprodukowanym z udziałem tłuszczu Akoroma OM, a jego wartości różniły się istotnie w porównaniu do zawartości białka w pozostałych wariantach doświadczenia. Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku zawartości wody, która uległa obniżeniu w stosunku do jej ilości w pasztecie zawierającym tylko tłuszcz zwierzęcy. Przeprowadzone badania wykazały, że udział tłuszczów roślinnych w składzie recepturowym pasztetu nie miał istotnego wpływu na zawartości tłuszczu ogólnego.

Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowane w doświadczeniu tłuszcze roślinne, którymi zastępowano tłuszcz zwierzęcy w składzie surowcowym pasztetów sterylizowanych, mają istotny wpływ na kształtowanie się barwy gotowego produktu. Wymiana tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM wpłynęła na uzyskanie najbardziej zbliżonych wyników parametrów barwy w porównaniu do pasztetu wyprodukowanego z udziałem tłuszczu zwierzęcego.

Wykazano, że wymiana tłuszczu zwierzęcego w składzie recepturowym pasztetów sterylizowanych na tłuszcze roślinne miała istotny wpływ na wartości siły i pracy penetracji w gotowych wyrobach. Tłuszcz roślinny Akoblend BEP spowodował istotny wzrost wartości badanych parametrów tekstury, tj. siły i pracy penetracji, natomiast tłuszcze Akoroma OMW oraz Akoroma Ls powodowały rozluźnienie struktury wyprodukowanych pasztetów sterylizowanych.

Analiza wyników oceny konsumenckiej pokazała, że wykorzystanie w produkcji pasztetów sterylizowanych tłuszczów roślinnych Akoblend BEP, Akoroma OM oraz Akoroma OMW wpłynęło na uzyskanie istotnie wyższych not w ocenie pożądalności ogólnej, w porównaniu do próby kontrolnej i z udziałem tłuszczu Akoroma Ls.

Wyniki komputerowej analizy obrazu pozwoliły na dokonanie wyboru tłuszczu roślinnego Akoroma OM jako zamiennika tłuszczu zwierzęcego w produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych typu parówkowa. Stwierdzono, że pasztet wyprodukowany z zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM charakteryzował się najmniejszą powierzchnią cząsteczek tłuszczu oraz jego najbardziej równomiernym rozproszeniem w matrycy białkowej. Zastosowanie w składzie recepturowym tłuszczów roślinnych Akoroma OWM oraz Akoroma Ls skutkowało

statystycznie istotnym zwiększeniem powierzchni cząstek tłuszczu, w porównaniu do próby kontrolnej, oraz pogorszyło jego dyspersję.

Tłuszcz roślinny Akoroma OM w dalszej części badań posłużył jako zamiennik tłuszczu zwierzęcego w wyrobach kutowanych typu parówka w ilości 50, 75 i 100%. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem wymiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz Akoroma OM następował istotny wzrost lepkości pozornej i zmniejszenie zawartości wody wolnej w farszach, a także zmniejszenie zawartości wody ogólnej i wzrost zawartości tłuszczu w wyprodukowanych wędlinach. Wzrastający udział tłuszczu roślinnego w składzie surowcowym parówek nie miał istotnego ( $p \leq 0,05$ ) wpływu na zmiany twardości, z wyjątkiem elastyczności, która wraz ze wzrostem wymiany tłuszczu zwierzęcego na roślinny ulegała istotnemu pogorszeniu. Jednakże test Warnera-Bratzlera wykazał, że siła cięcia wzrastała wraz ze wzrostem ilości wymienianego tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny i najwyższą siłą cięcia cechowała się próba ze 100-procentową wymianą tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM, najniższą zaś wyrób z 50-procentową wymianą tłuszczu. Jednak nie były to różnice statystycznie istotne.

Wzrost ilości wymiany tłuszczu zwierzęcego na roślinny skutkowało zwiększeniem wymiarów geometrycznych cząstek tłuszczu, a tym samym pogorszeniem jego dyspersji w matrycy białkowej i jakości wyprodukowanych wędlin. Najlepszym rozdrobnieniem tłuszczu oraz jego najlepszą dyspersją charakteryzowała się kielbasa, w której 50% tłuszczu zwierzęcego wymieniono na tłuszcz roślinny. Znalazło to również swój wyraz w konsumenckiej ocenie sensorycznej, gdzie wariant z 50-procentową zamianą tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM uzyskał najwyższe noty w ocenie pożądalności.

Mimo że przeprowadzone badania wymiany tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny miały charakter modelowy, zestawione w pracy dane opisujące wpływ modyfikacji surowcowej mogą być źródłem ważnych informacji technologicznych. Przedstawione wyniki wskazują, że jest możliwa wymiana tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny w pasztetach sterylizowanych nawet w ilości 100%, jednak już w wyrobach drobno rozdrobnionych typu parówkowa całościowa wymiana tłuszczu zwierzęcego powoduje pogorszenie jakości wyrobów.

W ostatnim zadaniu badawczym analizowano wpływ zastosowanego rodzaju kutra (misowego i przelotowego) na jakość i strukturę wędlin drobno rozdrobnionych wyprodukowanych w warunkach przemysłowych. Zastosowanie do produkcji farszów drobno rozdrobnionych kutra przelotowego spowodowało istotny wzrost lepkości pozornej, a uzyskane w ten sposób kielbasy cechował istotnie mniejszy wyciek cieplny, co może świadczyć o tym, że zastosowany kuter przelotowy wpłynął na szybsze wytworzenie się emulsji białkowo-tłuszczowej, niż miało to miejsce w kutrze misowym.

Komputerowa analiza obrazu wykazała, że większym stopniem rozdrobnienia tłuszczu oraz włókien kolagenowych charakteryzowała się wędlina wyprodukowana w kutrze przelotowym, a dyspersja kuleczek tłuszczu w matrycy białkowej i rozdrobnienie włókien kolagenowych zapewniły większą stabilność i lepsze właściwości reologiczne farszu oraz tekstury gotowego wyrobu, czego skutkiem było uzyskanie zwartej tekstury kielbas oraz wyższych not w ocenie konsumenckiej w porównaniu do wędlin wyprodukowanych metodą tradycyjną.

## 7. WNIOSKI

1. Czynnikiem różnicującym badane mięśnie była faza procesu produkcji modelowych szynek. Mięsień półbłoniasty charakteryzował się większą dynamiką zmian elementów strukturalnych w procesie masowania i pasteryzacji w porównaniu do mięśnia czterogłowy uda.
2. Uzyskanie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) mniejszej powierzchni włókien mięśniowych oraz większej ich ilości w badanym polu obrazu w mięśniu czterogłowym uda skutkowało większą kruchością. Mimo to w produkcji szynek parzonych zarówno mięsień półbłoniasty, jak i czterogłowy uda wykazały pożądane cechy mechaniczno-sensoryczne.
3. W pasztetach sterylizowanych całkowite zastąpienie tłuszczu zwierzęcego tłuszczami roślinnymi Akoblend BEP, Akoroma OM, Akoroma OMW i Akoroma Ls miało istotny ( $p \leq 0,05$ ) wpływ na kształtowanie się barwy oraz podstawowego składu chemicznego gotowego produktu.
4. Pasztet sterylizowany wyprodukowany z całkowitą zamianą tłuszczu zwierzęcego na tłuszcz roślinny Akoroma OM charakteryzował się najlepszym rozdrobnieniem i dyspersją tłuszczu, czego skutkiem było uzyskanie pożądanych cech mechaniczno-sensorycznych gotowego wyrobu.
5. W wędlinach drobno rozdrobnionych typu parówkowa optymalną zamianą tłuszczu zwierzęcego na Akoroma OM jest wymiana w ilości 50%. Przekroczenie tej granicy powoduje pogorszenie dyspersji tłuszczu, który łączy się w większe agregaty, co z kolei wpływa na pogorszenie tekstury i walorów sensorycznych.
6. Komputerowa analiza obrazu wykazała istotnie ( $p \leq 0,05$ ) większy stopień rozdrobnienia tkanki łącznej i tłuszczowej w farszu w kutrze przelotowym, czego skutkiem jest lepsza emulgacja tłuszczu i lepsze właściwości sensoryczne gotowego produktu.
7. Analiza histometryczna dostarczyła cennych informacji na temat jakości produktu, a wykonane pomiary elementów struktury (komórki włókien mięśniowych, cząstki tłuszczu, włókna kolagenowe), dokonane z wykorzystaniem tej techniki, pozwoliły na ocenę zróżnicowania mikrostruktury oraz na wybór surowca do produkcji szynek, odpowiedniego zamiennika tłuszczu zwierzęcego, a także urządzenia do produkcji wyrobów drobno rozdrobnionych.

## 8. LITERATURA

- Adamczak, L., Słowiński, M., Plewniaka, M. (2001). Wpływ wybranych dodatków funkcjonalnych na jakość niskotłuszczowych kiełbas drobno rozdrobnionych. *Mięso Wędł.*, 2, 36-44.
- Adamczak, L., Szczeblewska, A. (2004). Wpływ temperatury początkowej obróbki termicznej i metody studzenia na jakość średnio rozdrobnionych produktów blokowych. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2, 27-36.
- Aguilera, J.M. (2005). Why food microstructure? *J. Food Eng.*, 67, 3-11.
- Aguilera, J.M., Stanley, D.W., Baker, K.W. (2000). New dimensions in microstructure of food products. *Trends Food Sci. Technol.*, 11, 3-9.
- Albrecht, E., Wegner, J., Ender, K. (1996). Eine neue Methode zur objektiven Bewertung der Marmorierung von Rindfleisch. *Fleischwirtschaft*, 76, 1, 95-98.
- Allen, P. (2003). Beef carcass grading in Europe and USA – The prospects for using VIA systems. *Brazilian J. Food Technol.*, 6 (special issue), 96-101.
- Alvarez, D., Delles, R.M., Xiong, Y.L., Castillo, M., Payne, F.A., Laencina, J. (2011). Influence of canola-olive oils, rice bran and walnut on functionality and emulsion stability of frankfurters. *LWT Food Sci. Technol.*, 44, 1435-1442.
- Ambrosiadis, I., Klettner, P. (1981). Einfluss der Kutterprozesses auf Brühwurst. *Fleischwirtschaft*, 61(11), 1621-1628.
- Ambrosiadis, J., Vareltzis, P.K., Georgakis, A.S. (1996). Physical, chemical and sensory characteristics of cooked meat emulsion style products containing vegetable oils. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 31 (2), 189-194.
- Andrés, S.C., Zaritzky, N.E., Califano, A.N. (2009). Innovations in the development of healthier chicken sausages formulated with different lipid sources. *Poultry Sci.*, 88, 1755-1764.
- Antequera, T., Caro, A., Rodríguez, P.G, Pérez-Palacios, T. (2007). Monitoring the ripening process of Iberian Ham by computer vision on magnetic resonance imaging. *Meat Sci.*, 76, 561-567.
- Archer, B.J., Johnson, S.K., Devereux, H.M., Baxter, A.L. (2004). Effect of fat replacement by inulin or lupin-kernel fibre on sausage patty acceptability, postmeal perceptions of satiety and food intake in men. *Br. J. Nutr.*, 91, 591-599.
- Babicz-Zielińska, E., Jeżewska-Zychowicz, M., Laskowski, W. (2010). Postawy i zachowania konsumentów w stosunku do żywności wygodnej. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 4 (71), 141-153.
- Barbin, D.F., Mastelini, S.M., Barbon, Jr.S., Campos, G.F.C., Barbon, A.P.A. C., Shimokomaki, M. (2016). Digital image analyses as an alternative tool for chicken quality assessment. *Biosyst. Eng.*, 144, 85-93.
- Baryłko-Pikielna, N. (1995). Sensoryczna analiza profilowa i ocena konsumencka w opracowywaniu nowych produktów żywnościowych. W: *Mat. Konf. Food Product Development* (s. 207-220). Poznań, Wyd. Akademii Rolniczej.
- Bertram, H.Ch., Whittaker, A.K., Shorthose, W.R., Andersen, H.J., Karlsson, A.H. (2004). Water characteristics in cooked beef as influenced by ageing and high-pressure treatment – an NMR micro imaging study. *Meat Sci.*, 66, 301-306.

- Bilska, A., Kowalski, R., Kalinowska, A. (2014). Zmiany lipidów w wędlinach podrobowych typu pasztetowa z dodatkiem oleju. *Med. Wet.*, 70 (4), 232-236.
- Bishop, D.J., Olson, D.G., Knipe, C.L. (1993). Pre-emulsified corn oil, pork fat, or added moisture affect quality of reduced fat bologna quality. *J. Food Sci.*, 58, 484-487.
- Bloukas, J.G., Paneras, E.D., Fournitzis, G.C. (1997). Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci.*, 45 (2), 133-144.
- Bogucka, J., Roszko-Permus, D. (2013). Metody histometryczne w ocenie mięsa i przetworów mięsnych. *Post. Nauki Technol. Przem. Roln.-Spoż.*, 68 (4), 27-40.
- Borggaard, C., Madsen, N.T., Thodberg, H.H. (1996). In-line image analysis in the slaughter industry, illustrated by beef carcass classification. *Meat Sci.*, 43, 151-163.
- Bourne, M.C. (1982). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. New York: Academic Press.
- Bowker, B.C., Grant, A.L., Forrest, J.C., Gerrard, D.E. (2000). Muscle metabolism and PSE pork. *J. Anim. Sci.*, 79, 1-8.
- Brady, A.S., Belk, K.E., LeValley, S.B., Dalsted, N.L., Scanga, J.A., Tatum, J.D. (2003). An evaluation of the lamb vision system as a predictor of lamb carcass red meat yield percentage. *J. Anim. Sci.*, 81, 1488-1498.
- Branscheid, W., Horeth, R., Dobrowolski-Kulmbach, A., Baulaineustadt, U., Tholen, E. (2004). Estimation of the carcass composition – Based on the combination of the video imaging analysis with other grading systems. *Fleischwirtschaft*, 84 (2), 98-101.
- Brosnan, T., Sun, D. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. *J. Food Eng.*, 61, 3-16.
- Burck, H.Ch. (1975). *Technika histologiczna*. Warszawa: PZWL.
- Cáceres, E., García, M.L., Selgas, M.D. (2008). Effect of pre-emulsified fish oil – as source of PUFA n-3 – on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. *Meat Sci.*, 80, 183-193.
- Candogan, K., Kolsarici, N. (2003). The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. *Meat Sci.*, 64, 199-206.
- Cassidy, R.D., Ockerman, H.W., Krol, B., Von Roon, P.S., Plimpton, R.F., Cahill, V.R. (1978). Effect of tumbling method, phosphate level, and final cook temperature on the histological characteristic of tumbled porcine muscle tissue. *J. Food Sci.* 43, 1514-1518.
- Cegielka, A. (2012). Zastosowanie olejów roślinnych i preparatów błonnikowych do produkcji burgerów z mięsa kurcząt. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3 (82), 88-100.
- Chmiel, M., Słowiński, M., Cal, P. (2011). Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do wykrywania wady PSE mięsa wieprzowego. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 6 (79), 47-54.
- Chmiel, M., Słowiński, M., Dasiewicz, K., Florkowski, T. (2012). Application of a computer vision system to classify beef as normal or dark, firm, and dry. *J. Anim. Sci.*, 90, 4126-4130.
- Choi, Y.S., Kim, Y.B., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Jeong, T.J., Park, J., Kim, Ch.J. (2015). Emulsion mapping in pork meat emulsion systems with various lipid types and brown rice fiber. *Korean J. Food Sci. Anim. Res.*, 35 (2), 258-264.



- Cierach, M., Modzelewska-Kapituła, M., Szaciło, K. (2009). The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. *Meat Sci.*, 82, 295-299.
- Cierach, M., Stasiewicz, M. (2007). Wybrane właściwości przetworów mięsnych przechowywanych w atmosferze modyfikowanej z różnym udziałem dwutlenku węgla i azotu. *Inż. Roln.*, 93 (5), 45-51.
- Claus, J.R., Hunt, M.C., Kastner, C.L. (1989). Effects of substituting added water for fat on the textural, sensory and processing characteristics of bologna. *J. Musc. Food*, 1, 1-21.
- Craigie, C.R., Navajas, E.A., Purchas, R.W., Maltin, C.A., Bünger, L., Hoskin, S.O., Ross, D.W., Morris, S.T., Roehe, R. (2012). A review of the development and use of video image analysis (VIA) for beef carcass evaluation as an alternative to the current EUROP system and other subjective systems. *Meat Sci.*, 92 (4), 307-318.
- Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., Blasco, J. (2011). Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Food Bioproc. Technol.*, 4 (4), 487-504.
- Curt, C., Francon, C., Trystram, G. (2004). Optimization of the chopping process using at-line human evaluations and response surface methodology. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 39, 1043-1052.
- Dasiewicz, K. (2010). Badania nad wpływem rodzaju oświetlenia na dokładność szacowania zawartości tłuszczu metodą komputerowej analizy obrazu w modelowych mieszaninach mięsa i tłuszczu wieprzowego. *Nauka Przyr. Technol.*, 4, 5, #56.
- Dasiewicz, K., Chmiel, M. (2011). Wykorzystanie komputerowych systemów wizyjnych w technologii żywności. *Inż. Żywn. Post. Tech. Przetw. Spoż.*, 1, 127-131.
- Dasiewicz, K., Mierzwińska, I. (2006). The use of a computer digital analysis for evaluating the quality of pork trimming. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 5, 2, 85-92.
- Deda, M.S., Bloukas, J.G., Fista, G.A. (2007). Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Sci.*, 76 (3), 501-508.
- Dolata, W. (1992a). Wpływ dodatku tłuszczu i czasu kutrowania na teksturę i ocenę organoleptyczną kielbas parzonych drobno rozdrobnionych. *Gosp. Mięs.* 9, 20-24.
- Dolata, W. (1992b). Wpływ niektórych parametrów technicznych kutra na kształtowanie jakości farszów i wędlin oraz energochłonności procesu kutrowania. *Rozpr. Nauk.*, 225. Poznań: Wyd. AR w Poznaniu.
- Dolata, W. (1993). Porównanie przydatności dwóch rodzajów mięsa ścięgnistego do produkcji farszów i kielbas drobno rozdrobnionych. *Rocz. AR Pozn.*, 248, 18, 101-107.
- Dolata, W. (1999a). Bewertung der technologischen Arbeitseffektivität von Kuttermessern. Vergleichende Bewertung von Messern mit unterschiedlich gestalteten Schneidkanten. *Fleischwirtschaft*, 79, 5, 94-97.
- Dolata, W. (1999b). Wpływ niektórych parametrów technicznych kutra na jakość farszów i wędlin drobno rozdrobnionych. *Mięso Wędł.*, 6, 66-68.
- Dolata, W., Kałużny, Z. (1981). Wpływ stopnia wypełnienia miski kutra w czasie kutrowania na pobór mocy i jakość farszu. *Symp. „Problemy w budowie maszyn spożywczych”*. Koszalin – Kołobrzeg: 25.
- Dolata, W., Krzywdzinska, M., Cierniewska, A. (1998). The length of collagen fibres as influenced by the chopping time. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 7/48, 2 (S), 189-191.

- Dolata, W., Krzywdzińska, M., Piotrowska, E. (2000). Próba technologicznej oceny urządzenia do odmięśniania kości zwierzęcych przy wykorzystaniu komputerowej analizy obrazu. *Inż. Roln.*, 5, 55-62.
- Dolata, W., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Piotrowska, E., Morawska, K. (2002a). Zastosowanie systemu komputerowej analizy obrazu do oceny efektywności mieszania farszu w mieszarce i kutrze. *Inż. Roln.*, 9, 53-60.
- Dolata, W., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Wajdzik, J. (2005). Technological effect of plastification on changes in the macrostructure of meat. *EJPAU Food Sci. Technol.*, 8 (3).
- Dolata, W., Piotrowska, E., Makała, H., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Olkiewicz, M. (2002b). Wpływ częściowego zastąpienia tłuszczu błonnikiem ziemniaczanym na kształtowanie jakości farszów i drobnorozdrobionych produktów mięsnych. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 1 (12), 5-12.
- Dolata, W., Piotrowska, E., Wajdzik, J., Tritt-Goc J., (2004). The use of the MRI technique in the evaluation of water distribution in tumbled porcine muscle. *Meat Sci.*, 67, 25-31.
- Dolatowski, Z.J., Stasiak, D.M. (1996). Variations of mechanical properties of the meat as a result of ultrasonic massaging. in: *Proc. of the 42nd Int. Congr. Meat Science and Technology*. Lillehammer, Norway, 1-6 September (137-138), 7.
- Drobisz-Kopydłowska, D. (1997). 42. Międzynarodowy Kongres Nauki o Mięsie i Technologii w Lillehammer. *Gosp. Mięs.*, 2, 32-33.
- Du, C.J., Sun, D.W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends Food Sci. Technol.*, 15, 230-249.
- Du, C.J., Sun, D.W. (2006a). Automatic measurement of pores and porosity in pork ham and their correlations with processing time water content and texture. *Meat Sci.*, 72(2), 294-302.
- Du, C.J., Sun, D.W. (2006b). Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: A review. *J. Food Eng.*, 72(1), 39-55.
- Dutta, M.K., Singh, A., Ghosal, S.A. (2015). Computer vision based technique for identification of acrylamide in potato chips. *Comput. Electron. Agr.*, 119, 40-50.
- Dzudie, T., Okubanjo, A. (1999). Effects of rigor state and tumbling time on quality of goat hams. *J. Food Eng.*, 42, 103-107.
- Echarte, M., Conchillo, A., Ansorena, D., Astiasaran, I. (2004). Evaluation of the nutritional aspects and cholesterol oxidation products of pork liver and fish pates. *Food Chem.*, 86, 47-53.
- Ehrle, E., Stoyanow, S., Micklisch, I. (2004). Naht das Ende der Eisschüttung? *Fleischwirtschaft*, 5, 126-135.
- Faucitano, L., Huff, P., Teuscher, F., Garipey, C., Wegner, J. (2005). Application of computer image analysis to measure pork marbling characteristics. *Meat Sci.*, 69, 537-543.
- Filipiak, K., Malińska, A., Nowicki, M., Krupa, D., Zabel, M. (2011). Innowacyjne metody archiwizacji, prezentacji i udostępniania preparatów histologicznych na przykładzie funkcjonowania Centrum Archiwizacji Obrazów Morfologicznych i Cyfrowej Bazy Danych obrazów mikroskopowych Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. *Post. Biol. Kom.*, 38 (3), 475-489.

- Fornal, J. (1990). Aktualny stan metod badawczych w dziedzinie mikroskopii elektronicznej. W: S. Tyszkiewicz (red.), *Postęp w analizie żywności* (s. 147-156). Warszawa: Wyd. IPMT.
- Fortin, A., Tong, A.K.W., Robertson, W.M., Zawadski, S.M., Landry, S.J., Robinson, D.J., Liu, T., Mockford, R.J. (2003). A novel approach to grading pork carcasses: computer vision and ultrasound. *Meat Sci.*, 63, 451-462.
- Gajewska-Szczerbal, H., Krzywdzińska-Bartkowiak, M. (2005). Changes in histological structure of porcine and bovine semimembranosus muscles under the influence of mechanical and thermal procedures. *Ann. Anim. Sci., Suppl.*, 2, 25-29.
- Gajewska-Szczerbal, H., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Jarmołowska-Jurczyszyn, D. (2009). Changes in pork muscles structure parameters in the course of curing and pasteurisation. *Nauka Przyr. Technol.*, 3 (4), #127.
- Gajewska-Szczerbal, H., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Korbik, T. (2007). Analysis of the histological structure of ham muscles as affected by curing and thermal treatment. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 57, 2, 227-232.
- Gajowiecki, L., Lachowicz, K., Żych, A., Sobczak, M., Kotowicz, M., Żochowska, J., Kłos, B. (2001). A comparative analysis of technological utility of selected chicken muscles in massaged product manufacture. *Folia Univ. Agric. Stein., 220 Sci. Aliment.*, 1, 29-34.
- Gerrard, D.E., Gao, X., Tan, J. (1996). Beef marbling and color score determination by image processing. *J. Food Sci.*, 61, 1, 145-148.
- Ghasemi-Varnamkhasti, M., Goli, R., Forina, M., Mohtasebi, S.S., Shafiee, S., Naderi-Boldaji, M. (2015). Application of image analysis combined with computational expert approaches for shrimp freshness evaluation. *Int. J. Food Prop.*, 19 (10), 2202-2222.
- Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Di Bello, G., Braghieri, A. (2014). Image analysis with the computer vision system and the consumer test in evaluating the appearance of Lucanian dry sausage. *Meat Sci.*, 96, 610-616.
- Górecka, J., Szmańko, T., Hyla N., Juszcak, M. (2012). Porównanie struktury mięsa dzików i świń domowych, przechowywanego w temperaturze bliskiej krioskopowej i w stanie zamrożonym. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 2 (81), 143-160.
- Grabowska, J., Hamm, R. (1978). Proteinlöslichkeit und Wasserbindung unter den in Brühwurstbraten gegebenen Bedingungen. III. Mitteilung: Einfluss des Fleisches: Wasser-Verhältnisses und der Zerkleinerungsbedingungen. *Fleischwirtschaft*, 58, 9, 1529-1534.
- Grasso, S., Brunton, N.P., Lyng, J.G., Lalor, F., Monahan, F.J. (2014). Healthy processed meat products – Regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends Food Sci. Technol.*, 39, 4-17.
- Grębowiec, M. (2014). Elementy wpływające na bezpieczeństwo produktów w łańcuchu dostaw żywności w Polsce. *Logistyka*, 6, 13303-13306.
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. (2004). Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Sci.*, 67, 471-478.
- Gulen, Y.T., Serdaroglu, M. (2012). Partial substitution of beef fat with hazelnut oil in emulsion type sausages: effects on chemical, physical and sensorial quality. *J. Food Technol.*, 10, 32-38.

- Guzek, D., Wierzbicka, A., Głabska, D. (2011). Potencjał oraz zastosowanie komputerowej analizy i przetwarzania obrazu w przemyśle rolno-spożywczym. *Inż. Roln.*, 4 (129), 67-73.
- Haak, O., Laska, W., Schnackel, W. (2002). Verwirbelungskuttern mit Lochmessern. *Fleischwirtschaft*, 9, 77-82.
- Hamm, R., Rede, R. (1975). Zur Rheologie des Fleisches. VII. Einfluss des Fettgehaltes und der Temperatur auf das Fließverhalten von Bräten. *Fleischwirtschaft*, 55, 1, 99-102.
- Hermansson, A.M. (1987). Meat raw materials in comminuted meat products. *Proc. 33rd Int. Congr. Meat Science and Technology*, 2, 290-297.
- Hoffmann, M., Waszkiewicz-Robak, B., Świdorski, F. (2010). Functional food of animals origin. *Meat and meat products. Nauka Przyr. Technol.*, 4, 5, #63.
- Honikel, K.O. (1983). Water binding and fat emulsification during the processing of meat batters. *Meat Sci.*, 55 (1), 1179-1182.
- Hopkins, D.L., Safari, E., Thompson, J.M., Smith, C.R. (2004). Video image analysis in the Australian meat industry – precision and accuracy of predicting lean meat yield in lamb carcasses. *Meat Sci.*, 67, 269-274.
- Horgan, G.W., Murphy, S.V., Simm, G. (1995). Automatic assessment of sheep carcasses by image-analysis. *Anim. Sci.*, 60, 197-202.
- Hsu, S.Y., Yu, S.H. (2002). Comparisons on 11 plant oil fat substitutes for low-fat Kung-wans. *J. Food Eng.*, 51(3), 215-220.
- Iqbal, S., Gopal, I.A., Sankaranarayanan, P.E., Nair, A.B. (2015). Classification of selected citrus fruits based on color using Machine Vision System. *Int. J. Food Prop.*, 19 (2), 272-288.
- Iqbal, A., Valous, N.A., Mendoza, F., Sun, D.W., Allen, P. (2010). Classification of pre-sliced pork and Turkey ham qualities based on image colour and textural features and their relationships with consumer responses. *Meat Sci.*, 84, 455-465.
- Jackman, P., Sun, D.W., Allen, P., Brandon, K., White, A.M. (2010). Correlation of consumer assessment of longissimus dorsi beef palatability with image colour, marbling and surface texture features. *Meat Sci.*, 84, 564-568.
- Jimenez-Colmenero, F. (2006). Technologies for developing low-fat meat products. *Trends Food Sci. Technol.*, 7, 41-48.
- Jimenez-Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends Food Sci. Technol.*, 18, 567-578.
- Jurczak, E.M. (2005). *Towaroznawstwo produktów zwierzęcych*. Warszawa: Wyd. SGGW.
- Kalab, M., Allan-Wojtas, P., Miller, S.S. (1995). Microscopy and other imaging techniques in food structure analysis. *Trends Food Sci. Technol.*, 6, 177-186.
- Kapica, J., Makarski, P. (2009). Wykorzystanie instrumentów wirtualnych do określenia stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego ciekłych produktów spożywczych. *Inż. Roln.*, 9(118), 101-106.
- Katsaras, K., Budras, K.D. (1993). The relationship of the microstructure of cooked ham to its properties and quality. *Lebensmitt. Wiss. u. Technol.*, 26, 229-234.

- Kayaardi, S., Gök, V. (2003). Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Sci.*, 66, 249-257.
- Keeton, J. (1994). Low-fat products – technological problems with processing. *Meat Sci.*, 36, 2, 261-276.
- Kijowski, J., Niewiarowicz, A. (1978). Emulsifying properties of proteins and meat from broiler breast muscles as affected by their initial pH values. *J. Food Technol.*, 13, 451-459.
- Kłowska, D., Kłowski, B., Kapelański, W., Wegner, J. (1994). Muscle composition and fibre characteristics in *M. longissimus lumborum* of the pigs different breeds. Proc. 2nd Int. Conf. „The influence of genetic and non genetic traits on carcass and meat quality”, Siedlce (s. 218-223).
- Kłowska, D., Lewandowska, M., Puchajda, H. (1999). Zmiany histopatologiczne w mięśniu piersiowym powierzchownym (*m. pectoralis superficialis*) i mięśniu dwugłowym uda (*m. biceps femoris*) indyczek z różnych grup genetycznych. *Zesz. Nauk. Przegł. Hod.*, 45, 73-81.
- Knight, P., Elsey, J., Hedges, N. (1989). The role of endomysium in the salt-induced swelling of muscle fibres. *Meat Sci.*, 26, 209-232.
- Kostyra, E., Kowalski, Z., Barylko-Pikielna, N. (1999). Wpływ parametrów sterylizacji na jakość sensoryczną modelowych konserw mięsnych o zróżnicowanym dodatku wątroby. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3(20), 5-20.
- Kowalczewski, P.Ł., Lewandowicz, G., Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Piątek, M., Baranowska, H.M., Białas, W., Jeziorna, M., Kubiak, P. (2015). Finely comminuted frankfurters fortified with potato juice – quality and structure. *J. Food Eng.*, 167, 183-188.
- Kowalski, R., Pyrcz, J., Danyluk, B. (2006). Wpływ preparatów inulinowych na wybrane wyróżniki jakości homogenizowanych kiełbas parzonych typu parówkowa. *ABiD COBRABID*, 11, 2, 94-99.
- Kowalski, R., Pyrcz, J., Pietronczyk, K. (1998). Partial substitution of animal fat with plant origin oil in production of finely comminuted sausages. *EJPAU*, 1(1) #1.
- Kowalski, R., Szulczyński, W., Konieczny, P. (2012). Wpływ wymiany tłuszczu preparatem błonnikowym na profil sensoryczny homogenizowanych produktów mięsnych. *ABiD*, 17, 2, 27-33.
- Kowalski, Z. (2000). Wpływ obróbki cieplnej na jakość konserw sterylizowanych. *Gosp. Mięs.*, 1 (52), 28-30.
- Kozłowska, A., Kuberska, M. (2006). Zastosowanie metody komputerowego przetwarzania i analizy obrazu w mikroskopowej analizie skał. *Przegł. Geol.*, 54(8), 671-673.
- Krause, R.J., Plimpton, R.F., Ockerman, H.W., Cahill, V.R., (1978): Influence of tumbling and sodium tripolyphosphate and salt and nitrite distribution in porcine muscle. *J. Food Sci.*, 43, 190-192.
- Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Dolata, W. (2005). Wpływ dodatku wody na mikrostrukturę drobno rozdrobnionych farszów mięsnych i wyprodukowanych z nich wędlin. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3 (44) Supl., 121-130.
- Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Dolata, W., Piątek, M. (2005a). Komputerowa analiza obrazu mikrostruktury drobno rozdrobnionych farszów mięsnych i wędlin z różnym udziałem tłuszczu. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 3 (44) Supl., 131-139.

- Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Dolata, W., Piotrowska, E. (2005b). The effect of fat substitution with a potato fiber preparation on microstructure of batters and processed meat products. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 4 (2), 97-109.
- Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Gajewska-Szczerbal, H. (2007). Effect of curing by injection method, massaging and pasteurisation on histological changes in bovine muscles. *EJPAU*, 10 (2), #19.
- Krzywdzińska-Bartkowiak, M., Piątek, M., Dolata, W. (2014). A comparative quality appraisal of finely comminuted batters produced using three types of knives. *Meat Sci.*, 96, 429-435.
- Kuchida, K., Yamaki, T., Mizuma, Y. (1992). Evaluation of meat quality in Japanese beef cattle by computer image analysis. *Anim. Sci. Technol.*, 63, 2, 121-128.
- Lachowicz, K., Gajowiecki, L., Sobczyk, M., Oryl, B. (1999). Wpływ dodatku karagenu na teksturę kiełbasy parówkowej o zróżnicowanej zawartości wody i tłuszczu. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 1(18), 25-37.
- Lachowicz, K., Gajowiecki, L., Żych, A., Żochowska-Kujawska, J., Sobczak, M., Kotowicz, M. (2003a). Effects of massaging time and drum speed on texture and structure of two beef muscles. *EJPAU*, 6(2), #06.
- Lachowicz, K., Kamieniecki, H., Gajowiecki, L., Wójcik, J., Szarkowski, K., Sobczak, M., Żochowska-Kujawska, J., Kotowicz, M., Żych, A. (2007). Comparison of texture and structure of ST (semitendinosus) muscle of Black-White cattle crossbreds with Charolaise, Marchigiana, Piemontese and Chianina and its susceptibility to massaging. *Pol. J. Food. Nutr. Sci.*, 1 (57), 63-68.
- Lachowicz, K., Sobczak, M., Gajowiecki, L., Żych, A. (2003b): Effects of massaging time on texture, rheological properties, and structure of three pork ham muscles. *Meat Sci.*, 63, 225-233.
- Lachowicz, K., Żochowska, J., Sobczak, M. (2004). Comparison of texture and structure of selected muscles of piglets and wild boar juveniles. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1, 75-79.
- Lautenschläger, R. (1996a). Das Pökeln von rohen Fleischerzeugnissen. 1. Diffusionsverhalten der Salze. *Fleischwirtschaft*, 76 (4), 401.
- Lautenschläger, R. (1996b). Das Pökeln von rohen Fleischerzeugnissen. 2. Wertung verschiedener Technologien der Rohschinken-Herstellung. *Fleischwirtschaft*, 76 (9), 874.
- Leszczuk, T., Miastkowski, K. (2012). Metody określenia parametrów geometrycznych sypkich nawozów rolniczych i ogrodniczych. *Post. Nauki Tech.*, 12, 139-148.
- Li, J., Tan, J., Shatadal, P. (2001). Classification of tough and tender beef by image texture analysis. *Meat Sci.*, 57, 341-346.
- Liu, A., Nishimura, T., Takahashi, K. (1996). Relationship between structural properties of intramuscular connective tissue and toughness of various chicken skeletal muscles. *Meat Sci.*, 43, 93-96.
- López-López, I., Cofrades, S., Cañeque, V., Díaz, M.T., López, O., Jiménez-Colmenero, F. (2011). Effect of cooking on the chemical composition of low-salt, low-fat Wakame/olive oil added beef patties with special reference to fatty acid content. *Meat Sci.*, 89 (1), 27-34.
- López-López, I., Cofrades, S., Jiménez-Colmenero, F. (2009). Low-fat frankfurters enriched with n-3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *Meat Sci.*, 83, 148-154.

- Lu, J., Tan, J., Shatadal, P., Gerrard, D.E. (2000). Evaluation of pork color by using computer vision. *Meat Sci.*, 56, 57-60.
- Luňáková, L., Pospiech, M., Tremlová, B., Saláková, A., Javůrková, Z., Kameník, J. (2016). Evaluation of fat grains in Gothaj sausage using image analysis. *Potravinářstvo*, 1 (10), 591-597.
- Łyczyński, A., Wajda, S., Czyżak-Runowska, G., Rzosińska, E., Grześ, B. (2006). Effect of environmental conditions on pork meat quality – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 15/56, 2, 109-116.
- Ma, J., Sun, D.W., Qu, J.H., Liu, D., Pu, H., Gao, W.H., Zeng, X.A. (2016). Applications of computer vision for assessing quality of agri-food: A review of recent research advances. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 56 (1), 113-127.
- Majkowska, A., Klepacka, J., Najda, A. (2013). Kierunki wykorzystania cyfrowej analizy obrazu w przemyśle spożywczym. *EPISTEME*, 21 (1), 305-315.
- Makała, H. (1998). Rola tłuszczu w kształtowaniu reologicznej charakterystyki kutowanych farszów i produktów mięsnych. *Gosp. Mięs.*, 11, 22-23.
- Makała, H. (2003). wpływ preparatów błonnika ziemniaczanego i pszennego oraz inuliny na wybrane wyróżniki fizykochemiczne i reologiczne modelowej konserwy mięsnej. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość*, 3 (36), 21-31.
- Makała, H., Dolata, W., Piotrowska, E., Krzywdzińska, M. (2001). Rola wybranych dodatków funkcjonalnych w kształtowaniu barwy i oceny pożądalności modelowego produktu mięsnego „typu mortadela”. *Inż. Roln.*, 10 (30), 237-244.
- Makała, H., Kłosowska, D. (1994). Zastosowanie systemu mikroskopowej analizy obrazu do oceny farszów mięsnych. *Mat. Semin. Olsztyn: ART* (s. 61).
- Makała, H., Tyszkiewicz, S. (2011). Charakterystyka jakości sensorycznej i stanu mikrobiologicznego rynkowych pasztetów mięsnych. *Acta Agrophys.*, 18 (2), 321-334.
- Materka, A., Strumiłło, P. (2009). Wstęp do komputerowej analizy obrazów. *Łódź: Wyd. Polit. Łódzkiej*.
- Medyński, A., Pospiech, E., Kniat, R. (2000). Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico-chemical meat traits. *Meat Sci.*, 55, 285-290.
- Mestre, Prates, J. A., Garcia, e. Costa, F. J. S., Ribeiro, A. M. R., Dias, Correia A. A. (2002). Contribution of major structural changes in myofibrils to rabbit meat tenderization during ageing. *Meat Sci.*, 61, 103-113.
- Micklisch, I., Schnäckel, W., Kricktneier, J., Haack, E., Ehrle, E. (2004). Verwendung unterschiedlicher Messerformen im Kutter. Bestimmung der Brät- und Endproduktqualität von Brühwürsten. *Fleischwirtschaft*, 12, 100-105.
- Motycka, R.R., Bechtel, P.J. (1983). Influence of pre-rigor processing, mechanical tenderization, tumbling method and processing time on the quality and yield of ham. *J. Food Sci.*, 48, 1532-1536.
- Muguerza, E., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2004). Functional dry fermented sausages manufactured with high levels of n-3 fatty acids: Nutritional benefits and evaluation of oxidation. *J. Sci, Food Agr.*, 84 (9), 1061-1068.
- Müller, W.D. (1989). The technology of cooked cured products. *Fleischwirtschaft*, 69, 1524-1528.

- Olkiewicz, M., Ostrowska, A. (2001). Effect of addition of microbial transglutaminase preparation on sensory and texture quality of a model ham, produced from normal and PSE meat. W: Proc. 47th Int. Congr. of meat science and technology. Kraków, 26.08-31.08.2001. Sesja 6.3. Kraków (s. 26-27).
- Oryl, B. (2004). Structure and hardness of selected muscles in young bulls. Pol. J. Food Nutr. Sci., 13/14, 57-63.
- O'Sullivan, M.G., Byrne, D.V., Martens, H., Gidskehaug, L.H., Andersen, H.J., Martens, M. (2003). Evaluation of pork color: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of color analysis. Meat Sci., 65, 909-918.
- Özvural, E.B., Vural, H. (2008). Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters, Meat Sci., 78, 211-216.
- Pabiou, T., Fikse, W.F., Cromie, A.R., Keane, M.G., Näsholm, A., Berry, D.P. (2011). Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. Liv. Sci. 137, 130-140.
- Palka, K., Daun, H. (1999). Changes in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine *m. semitendinosus* during heating. Meat Sci., 51, 237-243.
- Palka, K., Migdał, W., Wojtysiak, D., Natonek-Wiśniewska, M., Dudkiewicz, A., Muzyczka, K., Wantuch, E., Bauerek, E. (2010). Wpływ rasy i wieku świń na właściwości modelowych farszów mięsnych i kiełbas. Żywn. Nauka Technol. Jakość, 1 (68), 80-92.
- Paneras, E.D., Bloukas, J.G., Papadima, S.N. (1996). Effect of meat source and fat level on processing and quality characteristics of frankfurters. LWT – Food Sci. Technol., 29, 507-514.
- Park, B., Lawrence, K.C., Windham, W.R., Chen, Y.R., Chao, K. (2002). Discriminant analysis of dual-wavelength spectral images for classifying poultry carcasses. Comput. Electron. Agr., 33, 219-231.
- Pérez-Palacios, T., Caballero, D., Caro, A., Rodríguez, P.G., Antequera, T. (2014). Applying data mining and Computer Vision Techniques to MRI to estimate quality traits in Iberian hams. J. Food Eng., 131, 82-88.
- Pezacki, W. (1984). Przetwarzanie jadalnych surowców rzeźnych. Warszawa: PWN.
- Piepiórka-Stepuk, J., Tandecka, K. (2014). Zastosowanie laserowej mikroskopii skaningowej do oceny mikrostruktury osadów mlekowych powstających podczas termicznej obróbki mleka. Pom. Automat. Kontr., 60, 10, 886-888.
- Pietrasik, Z. (1998). Właściwości reologiczne kiełbas kutrowanych parzonych produkowanych ze zróżnicowanym udziałem białka, tłuszczu i hydrokoloidów. Żywn. Nauka Technol. Jakość, 2(15), 24-32.
- Pisula, A., Dasiewicz, K., Flis, A. (2004). Zastosowanie komputerowej analizy obrazu do standaryzacji składu chemicznego drobnego mięsa wieprzowego kl. 2 w ciągłych liniach rozbiorowych. Post. Techn. Przetw. Spoż., 1, 8-13.
- Pisula, A., Florowski, T. (2011). Wychładzanie poubojowe tusz. Mięso – Podstawy nauki i technologii. Warszawa: Wyd. SGGW.
- PN-75-A-04018:1975. Produkty rolniczo-żywnościowe – Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko. PKN, Warszawa.
- PN-A-82012:1996. Wyroby garmazeryjne. Wyroby gotowe z mięsa i podrobów. Wymagania.



- PN-A-82022:1998. Mięso i przetwory mięsne. Konserwy mięsne.
- PN-ISO 8589. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne projektowania pracowni analizy sensorycznej.
- PN-ISO 11035, Analiza sensoryczna. Identyfikacja i wybór deskryptorów do ustalania profilu.
- PN-ISO 1444:2000. Mięso i przetwory mięsne – Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego. PKN, Warszawa.
- PN-ISO 1442:2000. Mięso i przetwory mięsne – Oznaczanie zawartości wody (metoda odwoławcza). PKN, Warszawa.
- Półtorak, A., Gębski, J., Wyrwisz, J., Zalewska, M., Łopacka, J., Ulanicka, U., Żon-  
tała, K., Stelmasiak, A., Moczowska, M., Wierzbicka, A. (2013). Wykorzystanie  
komputerowej analizy obrazu do oceny wybranych wyróżników jakości mięsa wo-  
łowego. *Inż. Roln.*, 1 (141), 197-206.
- Prates, J.A.M., Garcia e Costa, F.J., Ribeiro, A.M.R., Dias Correia, A.A. (2002). Con-  
tribution of major structural changes in myofibrils to rabbit meat tenderization  
during ageing. *Meat Sci.*, 61, 103-113.
- Pyrcz, J., Kowalski, R., Danyluk, B. (2007). Jakość kutrowanych kiełbas parzonych pro-  
dukowanych z udziałem tłuszczów roślinnych. *Med. Wet.*, 63, 118-122.
- Pyrcz, J., Kowalski, R., Danyluk, B., Bilska, A. (2012). Technologiczna przydatność pre-  
paratów transglutaminazy w produkcji szynki parzonej. *Nauka Przyr. Technol.*, 6,  
4, #81.
- Quali, A. (1992). Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture  
development. *Biochemie*, 74, 251-265.
- Rausunen, M., Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat  
Sci.*, 70, 531-541.
- Rius-Vilarrasa, E., Bünger, L., Maltin, C., Matthews, K. R., Roehe, R. (2009). Evalua-  
tion of Video Image Analysis (VIA) technology to predict meat yield of sheep  
carcasses on-line under UK abattoir conditions. *Meat Sci.*, 82, 94-100.
- Rosner, F., von Lengerken, G., Maak, S. (2003). The value of pig breeding in Germany  
and progress in improvement of meatiness and pork quality. *Anim. Sci. Pap. Rep.*,  
21, Suppl., 1, 153-161.
- Rybarczyk, A., Kmieć, M., Gardzielewska, J., Karamucki, T., Jakubowska, M., Ter-  
man, A., Polasik, D. (2009). Effect of carcass meatiness level on meat quality of  
pigs monomorphic at genes RYR1 and LEP. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 59, 4, 325-328.
- Ryzielska, J., Słowiński, M. (2012). Próba zastąpienia tłuszczu zwierzęcego olejem rze-  
pakowym w kiełbasach homogenizowanych. *Acta Agrophys.*, 19(1), 123-132.
- Sadowska, M., Kołodziejska, I. (1994). Elektroforetyczna charakterystyka kolagenu mię-  
śni bydłych. *Przem. Spoż.*, 1994, 11, 356-358.
- Sadowska, M., Sikorski, Z. (1976). Reologiczna charakterystyka silnie rozdrobnionych  
farszów wędlinowych. *Rocz. Inst. Przem. Mięs.*, 23, 1, 41-45.
- Sampaio, G.R., Castellucci, C.M.N., Pinto e Silva, M.E., Torres, E.A.F.S. (2004). Effect  
of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters. *J. Food  
Compos. Anal.*, 17, 469-474.
- Sánchez, A.J., Albarracín, W., Grau, R., Ricolfe, C., Barat, J.M. (2008). Control of ham  
salting by using image segmentation. *Food Control*, 19, 135-142.

- Shackelford, S.C., Reagan, J.O., Mann, T.F., Lyon, C.E., Miller, M.F. (1989). Effect of blade tenderization, vacuum massage time and salt level on chemical, textural and sensory characteristics of precooked chuck roast. *J. Food Sci.*, 54, 843-845.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., Kohmaraie, M. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.*, 73, 3333-3340.
- Schnäkel, W., Krickmeier, J., Pongjanyanukul, W., Schnäkel, D., Micklisch, I., Haack, O. (2012). Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses – 3. Bestimmung der Eindringenschaften tierischer Gewebe in die Bohrungen einer Lochscheibe beim Wolfen. *Fleischwirtschaft*, 92, 3, 148-153.
- Schwägle, F. (1999). Kühlung, Kühllagerung und Fleischreifung. Chemische und physikalische Grundlagen – 1. Aufbau der Muskulatur. *Fleischwirtschaft*, 6, 91-93.
- Siegel D.G., Theno D.M., Schmidt G.R. (1978a): Meat massaging: The effect of salt, phosphate and massaging on the presence of specific skeletal muscle proteins in the exudate of a sectioned and formed ham. *J. Food Sci.*, 43, 327-330.
- Siegel D.G., Theno D.M., Schmidt G.R., Norton H.W. (1978b): Meat massaging: The effect of salt, phosphate and massaging on cooking loss, binding strenght and exudate composition in sectioned and formed ham. *J. Food Sci.*, 43, 331-333.
- Siri-Tarino, P.W., Sun, Q., Hu, F.B., Krauss, R.M. (2010). Saturated fatty acids and risk of coronary heart disease: modulation by replacements nutrients. *Curr. Atherosc. Rep.*, 12, 384-390.
- Słowiński, M., Majewska, M., Dasiewicz, K. (2007). Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do oceny zawartości tłuszczu w mięsie kurcząt. *Post. Techn. Przetw. Spoż.*, 17/30 (1), 13-16.
- Sobczak, M., Lachowicz, K., Czarnecki R., Gajowiecki, L., Klemke, A., Żochowska, J., (2004). Comparative analysis of the susceptibility of selected muscles of pietrain, duroc and Polish large white x polish landrace pigs to massage-induced changes. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 54/13, 2, 179-184.
- Sotelo, I., Pérez-Munuera, I., Quiles, I., Hernando, I., Larrea, V., Lluch, M.A. (2004). Microstructural changes in rabbit meat wrapped with *Pteridium aquilinum* fern during postmortem storage. *Meat Sci.*, 66, 823-829.
- Stanford, K., Richmond, R.J., Jones, S.D.M., Robertson, W.M., Price, M.A., Gordon, A.J. (1998). Video image analysis for on-line classification of lamb carcasses. *Anim. Sci.*, 67, 311-316.
- Stetkiewicz, J. (1992). Zastosowanie badań morfometrycznych w ocenie toksyczności działania substancji chemicznych. *Studia i materiały monograficzne*, 39, 146. Łódź: Inst. Medycyny Pracy.
- Swatland, H.J. (1985). Early research on the fibrous microstructure of meat. *Food Microstr.*, 4, 73-82.
- Szczucki, C. (1970). Zakresy znaczeniowe podstawowych pojęć w kontroli jakości produktów mięsnych, cz. 1. *Gosp. Mięs.*, 1, 5.
- Szwedziak, K. (2008). Aplikacje komputerowe do oceny wybranych parametrów sensorycznych produktów rolno-spożywczych. *Inż. Roln.*, 2 (100), 293-298.
- Tadeusiewicz, R., Korohoda, P. (1997). *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Kraków: Wyd. Fundacji Postępu Telekomunikacji.

- Tan, J. (2004). Meat quality evaluation by computer vision. *J. Food Eng.*, 61, 27-35.
- Tan, S.S., Aminah, A., Zhang, X.G., Abdul, S.B. (2006). Optimizing palm oil and palm stearin utilization for sensory and textural properties of chicken frankfurters. *Meat Sci.*, 2, 387-397.
- Teye, G.A., Wood, J.D., Whittington, F.M., Stewart, A., Sheard, P.R. (2006). Influence of dietary oils and protein level on pork quality. *Meat Sci.*, 73, 166-177.
- Theno, D.M., Siegel, D.G., Schmidt, G.R. (1978). Microstructure of sectional and formed ham. *J. Anim. Sci.*, 42, 1347.
- Tomkiewicz, D., Kopeć, A. (2008). Zastosowanie metod przetwarzania obrazu do oceny zawartości tłuszczu w mięsie wieprzowym. *Inż. Roln.*, 2 (100), 299-306.
- Torrente, Y., Gavina, M., Belicchi, M., Fiori, F., Komlev, V., Bresolin, N., Rustichelli, F. (2006). High-resolution X-ray microtomography for three-dimensional visualization of human stem cell muscle homing. *FEBS Lett.*, 580 (24), 5759-5764.
- Tyburcy, A., Kosińska, A., Cegięka, A. (2005). Charakterystyka pasztetów sterylizowanych wytwarzanych z różnych surowców. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 4 (1), 103-110.
- Tyszkiewicz, I. (1991a). Nowoczesne metody mechanicznego oddziaływania na mięśnie. *Gosp. Mięś.*, 2, 9, 19-21.
- Tyszkiewicz, I. (1991b). Strukturotwórcze funkcje białek mięśniowych i niemięśniowych. Elementy teorii i rady praktyczne. *Gosp. Mięś.*, 43, 2, 1-5.
- Tyszkiewicz, I. (1995). Technologiczna ingerencja w mikrostrukturę mięsa. *Gosp. Mięś.*, 7, 19-21.
- Tyszkiewicz I., Jakubiec-Puka, A. (1995). Ultrastructure of mechanically tenderized pork muscle. *Meat Sci.*, 41, 273-282.
- Unklesba, Y.K., Unklesba, Y.N., Keller, J. (1986). Determination of internal color of beef ribeye steaks using digital image analysis. *Food Microstr.*, 5, 231-277.
- Valin, C., Quali, A. (1992). Proteolytic muscle enzymes and post mortem meat tenderization. In: A. Quali, D.I. Demeyer, F.J. Smulders (red.), *New technologies for meat and meat products: part II. Muscle enzymology and meat ageing.* (s. 163-179). Nijmegen: Audet Tijdschriften BV.
- Voisey, P., Hansen, H. (1967). A shear apparatus for meat tenderness evaluation. *Food Technol.*, 21, 355.
- Vural, H. (2003). Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dry fermented sausages. *Eur. Food Res. Technol.*, 217, 100-103.
- Vural, H., Javidipour, I., Ozbas, O.O. (2004). Effects of interesterified vegetable oils and sugar beet fiber on the quality of frankfurters. *Meat Sci.*, 67, 65-72.
- Wajdzik, J. (2017). Nowoczesne techniki kutrowania. *Ogólnopol. Inf. Masar.*, 1.
- Warriss, P.D. (2010). *Meat science.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Węglarz, A., Balzakowska, A., Choroszy, Z. (2013). Poubojowe metody oceny użytkowości mięsnej bydła. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 40 (2), 109-126.
- Wiklund, E., Malmfors, G., Lungström, K. (1998). The effects of exercise on muscles fibre composition and oxidative capacity in eight bovine skeletal muscles. *Swed. J. Agr. Res.*, 28, 111-116.

- Wirth, F. (1985). Wasserbindung, Fettbindung, Strukturbildung. *Fleischwirtschaft*, 65, 1, 10-20.
- Wojnar, L., Majorek, M. (1994). Komputerowa analiza obrazu. Computer Scanning System Ltd.
- Wolowińska, V., Kelman, B. (1961). Razrabotka metodov opredelenija vlagopogłashhahemosti mjasu. Tr. VNIIMP 2, 128-134.
- Wójcik, K., Sobczak, M., Żochowska-Kujawska, J., Zieliński, K. (2010). Porównanie tekstury i struktury oraz podatności na proces masowania mięśni danieli (*Dama dama*) w zależności od płci i wieku. *Żywn. Nauka Technol. Jakość*, 1 (68), 93-104.
- Xargaño, M., Freixante, L., Lagares, J., Fernandez, E., De Jager-Ponet, P. (1998). Wirkung der Vormassage bei der Herstellung gegarter Fleischerzeugnisse aus ganzen Muskeln. *Fleischwirtschaft*, 78, 953-995.
- Xargaño, M., Lagares, J. (1992). Computerized massaging of meat. *Fleischwirtschaft*, 4, 28-35.
- Youssef, M.K., Barbut, S. (2010). Physicochemical effects of the lipid phase and protein level on meat emulsion stability, texture, and microstructure. *J. Food Sci.*, 75 (2), 108-114.
- Youssef, M.K., Barbut, S. (2011). Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. *Meat Sci.*, 87, 356-360.
- Yum, H.W., Seo, J.K., Jeong, J.Y., Kim, G.D., Rahman, M.S., Yang, H.S. (2018). The quality improvement of emulsion-type pork sausages formulated by substituting pork back fat with rice bran oil. *Korean J. Food Sci. Anim. Res.*, 38 (1), 123-134.
- Zalewski, R.I. (2004). Towaroznawstwo nauka przyszłości. *Towarozn. Probl. Jakości. Pol. Tow. Towarozn.* 1, 7-26.
- Zapotoczny, P., Szczypiński, P.M., Daszkiewicz, T. (2016). Evaluation of the quality of cold meats by computer-assisted image analysis. *LWT – Food Sci. Technol.*, 67, 37-49.
- Zheng, Ch., Sun, D.W., Zheng, L. (2006). Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection – a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 17, 642-655.
- Zhuang, X., Han, M., Kang, Z.L., Wang, K., Bai, Y., Xu, X.L., Zhou, G.H. (2016). Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure. *Meat Sci.*, 113, 107-115.
- Żmijewski, T. (2008). Możliwości wykorzystania komputerowej analizy obrazu w przemyśle mięsnym. *Rzeźnik Pol.*, 6, 50-51.
- Żmijewski, T., Pomianowski, J. F. (2017). Komputerowa analiza obrazu (KAO) w przemyśle mięsnym. *Przem. Spoż.*, 71, 14-17.
- Żochowska-Kujawska, J. (2016). Effects of fibre type and structure of *longissimus lumborum* (Ll), *biceps femoris* (Bf) and *semimembranosus* (Sm) deer muscles salting with different NaCl addition on proteolysis index and texture of dry-cured meats. *Meat Sci.*, 121, 390-396.
- Żochowska-Kujawska, J., Kotowicz, M., Lachowicz, K., Sobczak, M. (2017). Influence of marinades on shear force, structure and sensory properties of home-style jerky. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 16 (4), 413-420.