

MIROŚŁAWA KRZYWDZIŃSKA-BARTKOWIAK, WŁODZIMIERZ DOLATA,
MICHAŁ PIĄTEK

KOMPUTEROWA ANALIZA OBRAZU MIKROSTRUKTURY DROBNO ROZDROBNIONYCH FARSZÓW MIĘSNYCH I WĘDLIN Z RÓŻNYM UDZIAŁEM TŁUSZCZU

Streszczenie

Badano wpływ zmiennego udziału tłuszczu w składzie recepturowym farszu mięsnego na jakość farszów i wyprodukowanych z nich wędlin. Do badań histologicznych pobrano próbki farszów (po 5, 6 i 8 min procesu kutrowania) i wędlin. Analiza mikrostruktury dotyczyła pomiarów elementów struktury (cząstek tłuszczu oraz włókien kolagenowych) przeprowadzonych za pomocą komputerowej analizy obrazu. Stwierdzono, że optymalne rozdrobnienie tkanki tłuszczowej oraz równomierną dyspersję tłuszczu w matrycy białkowej, uzyskuje się przy udziale tłuszczu w farszu w granicach od 20 do 30%.

Słowa kluczowe: komputerowa analiza obrazu, mikrostruktura, drobno rozdrobniony farsz mięsny, tłuszcz, włókna kolagenowe

Wprowadzenie

Tłuszcz jest jednym z podstawowych składników w zestawie surowcowym drobno rozdrobnionych farszów mięsnych. Wnosi on do produktu cechy pożądanej tekstury, smakowitości i soczystości [4]. Badania przeprowadzone przez Dolatę [3] nad wpływem zróżnicowanego dodatku tłuszczu w zakresie 10-40% na jakość i teksturę wędlin drobno rozdrobnionych wykazały, że zwiększenie dodatku tłuszczu do farszu wpływa w zróżnicowany sposób na teksturę i ocenę sensoryczną gotowego wyrobu. W trakcie procesu rozdrabniania, zwłaszcza kutrowania, tkanka tłuszczowa ulega zniszczeniu. Największe zdolności emulgujące i powinowactwo do tłuszczu mają białka miofibrylarne, głównie one tworzą otoczkę na powierzchni kropelek tłuszczu. Towarzyszy temu kształtowanie się sieciowej przestrzennej struktury. Tak wytworzona struktura ma istotny wpływ na teksturę i stabilność farszu, a następnie gotowego

Dr inż. M. Krzywdzińska-Bartkowiak, prof. dr hab. W. Dolata, mgr inż. M. Piątek, Instytut Technologii Mięsa, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań

wyrobu [15]. Dlatego, aby uzyskać stabilną emulsję należy dobrać odpowiednie proporcje czynnika emulgującego, tłuszczu i wody. Zmiana zawartości tłuszczu w farszu ma wpływ na właściwości reologiczne oraz strukturalne farszu i gotowego wyrobu [1, 2, 3, 6].

Ilość i jakość tkanki łącznej w mięśniach oraz średnica włókien mają duży wpływ na opór mięśni na cięcie. Rozdrobnienie zwiększa wodochłonność kolagenu po obróbce cieplnej. Zbyt duże rozdrobnienie tkanki łącznej w farszu pogarsza związanie wody i tłuszczu, a tym samym konsystencję i związanie wędlin [4, 10, 17].

Kutrowanie powinno więc zapewnić optymalny stopień rozdrobnienia tkanki mięśniowej, tkanki łącznej i tkanki tłuszczowej oraz równomierność rozproszenia tłuszczu w fazie rozpraszającej [4].

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowania udziału tłuszczu na strukturę drobno rozdrobnionych farszów mięsnych i wyprodukowanych z nich wędlin z zastosowaniem metod histochemicznych i systemu komputerowej analizy obrazu.

Materiał i metody badań

Materiałem doświadczalnym były drobno rozdrobnione farsze mięsne oraz wyprodukowane z nich wędliny z 20-, 30- i 40-procentowym udziałem tłuszczu w składzie recepturowym farszu. Surowiec do produkcji farszów stanowiły mięśnie golonki tylnej oraz tłuszcz drobny z szynek. Skład receptury wyrobu modelowego był następujący: 70% mięsa wieprzowego kl. III (ścięgnistego), 30% tłuszczu drobnego oraz 40% wody z lodem dodawanej w stosunku do masy mięsno-tłuszczowej i sól peklującą w ilości 2,2%. Do produkcji farszów mięsnych zastosowano następujące prędkości obrotowe noży kutra: 3000 obr·min⁻¹ oraz misy kutra: 20 obr·min⁻¹. Pojemność misy kutra wynosiła 22 dm³, natomiast na wale nożowym zamontowano cztery noże w kształcie linii łamanej. Surowiec mięsny i tłuszczowy rozdrabniano w wilku i przepuszczano przez siatkę o średnicy otworów 3 mm. Mięso peklowano przez 24 godz. z dodatkiem mieszanki peklującej w temp. 4–6°C i kutrowano, podając do misy kutra kolejno: mięso, wodę z lodem oraz tłuszcz. Czas trwania procesu kutrowania wynosił 8 min. Końcowa temp. farszu uzyskiwana w procesie kutrowania nie przekroczyła 12°C.

Wyprodukowane farsze nadziewano w jelita naturalne o średnicy 28–30 mm, podsuszano w temp. 35°C przez 30 min, wędzono w temp. 60°C, a następnie parzono w temp. 75°C w komorze wędzarniczo-parzelniczej do uzyskania temp. 70°C w centrum geometrycznym batonu. Wędliny schładzano i przechowywano przez 24 godz. w chłodni, w temp. 4–6°C. Z farszów, po 5, 6 i 8 min procesu kutrowania, oraz z wędlin, wykonano po 4 preparaty histologiczne. Z próbek farszów i wędlin sporządzano bloczki o wymiarach 10x10x10 mm, które zamrażano w ciekłym azocie i ścinano w kriostacie na skrawki o grubości 10 µm. Skrawki nakładano na nabiałczoną szkiełka podstawowe i suszono w temp. pokojowej ok. 30 min, po czym preparaty

barwiono czerwienią oleistą w celu wykazania dyspersji tłuszczu. Do obserwacji zmian w tkance łącznej, głównie kolagenu, zastosowano barwienie metodą van Giesona [11]. Strukturę preparatów oceniano przy użyciu systemu komputerowej analizy obrazu mikroskopowego za pomocą programu MultiScan v.13,01 przy stałym powiększeniu mikroskopu (x200). Z każdego preparatu analizowano 10 pól o stałej powierzchni. Charakterystykę uzyskanych obrazów przeprowadzono analizując następujące parametry: powierzchnia, długość, szerokość i obwód pól tłuszczowych; liczba analizowanych pól tłuszczowych; procentowy udział pól tłuszczowych w analizowanym polu; powierzchnia, długość, szerokość i obwód włókien kolagenowych [14, 18]. Uzyskane za pomocą komputerowej analizy obrazu dane liczbowe, ze względu na ich wartości mieszczące się w szerokim zakresie, przekształcono do postaci: $Y = \log(x)$. Za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnova potwierdzono, że przeprowadzona transformacja logarymiczna umożliwiła uzyskanie normalności rozkładu danych [16]. Do oceny zróżnicowania wartości średnich zastosowano test t-Studenta. Wyniki analiz przedstawiono w podwójnej postaci: logarymicznej oraz po ich delogarytmowaniu do wartości rzeczywistych. W tym przypadku odchylenie standardowe nie jest miarą precyzji oznaczeń. Spowodowane jest to tym, że dla małych wartości logarymicznych odchyłeń standardowych efekty mają charakter liniowy, natomiast dla większych potęgowe. Statystyczną istotność oddziaływania badanych czynników oceniano za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) na poziomie istotności wnioskowania $p \leq 0,05$. Przyjęto założenie, że czasu kutrowania ma wpływ na badane parametry [5, 9].

Wyniki i dyskusja

Cząstki tłuszczu

Analiza wariancji (tab. 1) wykazała, że zarówno w przypadku farszu jak i wędliny na wymiary cząstek tłuszczu miały statystycznie istotny wpływ wszystkie badane czynniki zmienności. Największą powierzchnią, obwodem i długością charakteryzował się farsz i wędlina z 40-procentowym udziałem tłuszczu (tab. 2). Taką zależność można było zaobserwować w próbach farszu po każdym z badanych okresów procesu kutrowania. Wartości te różniły się statystycznie istotnie od uzyskanych w farszach z 20- i 30-procentowym dodatkiem tłuszczu. Udział tłuszczu w farszu w ilości 40% wpłynął na zwiększenie dynamiki zmian powierzchni cząstek tłuszczu w stosunku do pozostałych wariantów. Stwierdzono bowiem zmniejszenie powierzchni prawie o 64%, a w pozostałych wariantach tzn. z 20- i 30-procentową zawartością tłuszczu odpowiednio o 47 i 40%.

Obliczona zależność liniowa pomiędzy czasem kutrowania a parametrami wymiarów cząstek tłuszczu w farszu wykazała statystycznie istotną i ujemną korelację.

Oznacza to, że wraz z upływem czasu kutrowania cząstki tłuszczu malały. Zależność liniowa pomiędzy wielkością udziału tłuszczu a parametrami wymiarów cząstek tłuszczu w wędlinie wykazała, że wszystkie współczynniki korelacji były dodatnie i statystycznie wysoko istotne (tab. 3).

Tabela 1

Wyniki analizy wariancji wpływu serii i wariantu doświadczenia na wymiary cząstek tłuszczu i włókien kolagenowych w farszach i wędlinach wyprodukowanych ze zmiennym udziałem tłuszczu (20, 30, 40%). Results of the analysis of variance applied to analyse the effect of experiment series and variant on the dimensions of fat globules and collagen fibres in meat batters and processed meat products produced with varying fat contents (20%, 30%, 40%).

Parametr Parameter	Czynnik zmienności Factor of variation	Cząstki tłuszczu Fat globules		Włókna kolagenowe Collagen fibres	
		Wartość F Value F	Poziom istotności F Level of significance F	Wartość F Value F	Poziom istotności F Level of significance F
Powierzchnia Area [μm^2] (F) / (MB)	Seria A/Seria A	48,507	0,000	1,232	0,268
	WariantB /Variant B	59,998	0,000	17,145	0,000
	A x B	6,796	0,001	7,834	0,000
Obwód /Periphery (F) / (MB) [μm]	Seria A/Seria A	42,098	0,000	0,672	0,413
	WariantB /Variant B	56,639	0,000	15,097	0,000
	A x B	5,665	0,004	8,211	0,000
Długość / Length (F) / (MB) [μm]	Seria A/ Series A	43,779	0,000	1,453	0,229
	Wariant B	53,427	0,000	14,865	0,000
	A x B	7,361	0,001	8,738	0,000
Szerokość / Width (F) / (MB) [μm]	Seria A/Seria A	42,442	0,000	3,973	0,047
	WariantB /Variant B	58,216	0,000	15,794	0,000
	A x B	5,246	0,005	4,075	0,018
Powierzchnia Area [μm^2] (W) / (PMP)	Seria A/Seria A	67,200	0,000	3,727	0,055
	Wariant B	150,800	0,000	1,237	0,292
	A x B	10,000	0,000	1,827	0,163
Obwód Periphery (W) / (PMP) [μm]	Seria A/Seria A	54,500	0,000	6,284	0,013
	WariantB /Variant B	164,700	0,000	1,933	0,147
	A x B	11,100	0,000	0,546	0,580
Długość / Length (W) / (PMP) [μm]	Seria A/Seria A	38,100	0,000	5,643	0,018
	WariantB /Variant B	158,800	0,000	1,641	0,196
	A x B	10,200	0,000	0,202	0,817
Szerokość / Width (W) / (PMP) [μm]	Seria A/Seria A	76,600	0,000	3,480	0,063
	WariantB /Variant B	132,000	0,000	0,753	0,472
	A x B	10,100	0,000	2,628	0,074

Objaśnienia: / Explanatory notes:

F – farsz / MB – meat batter; W – wędlina / PMP – processed meat product.

Tabela 2

Powierzchnia cząstek tłuszczu w zależności od czasu kutrowania i udziału tłuszczu (20, 30, 40%).

Area of fat globules depending on the chopping time and per cent fat content (20%, 30%, 40%).

Parametr [μm^2] Parameter [μm]	Czas kutrowania [min] Chopping time [min]	Dodatek tłuszczu [%] Fat addition [%]	Wartość średnia [log] Mean value [log]	s / SD	Wartość średnia [μm^2] Mean value [μm^2]	s / SD	
Powierzchnia cząstek tłuszczu Area of fat globules	Farsz / Meat batter	5	20	2,64 ^a	0,72	436,52 ^a	5,25
			30	2,63 ^a	0,69	426,58 ^a	4,90
			40	2,95 ^b	0,68	891,25 ^b	4,79
		6	20	2,55 ^a	0,72	354,81 ^a	5,25
			30	2,55 ^a	0,58	353,71 ^a	3,80
			40	2,71 ^b	0,56	512,86 ^b	3,63
	8	20	2,39 ^a	0,57	245,47 ^a	3,72	
		30	2,39 ^a	0,55	243,03 ^a	3,55	
		40	2,44 ^b	0,51	275,42 ^b	3,24	
	Wędlina Processed meat product	20	2,17 ^a	0,50	147,91 ^a	3,16	
		30	2,20 ^a	0,50	158,49 ^a	3,16	
		40	2,38 ^b	0,45	239,88 ^b	2,82	

Tabela 3

Korelacja linowa pomiędzy parametrami wymiaru cząstek tłuszczu i włókien kolagenowych a czasem kutrowania i udziałem tłuszczu w farszu i wędlinie.

Linear correlation between the dimension parameters of fat globules and collagen fibres and the chopping time, per cent content of fat in the meat batters and processed meat products.

Parametr Parameter	Cząstki tłuszczu / Fat globules			Włókna kolagenowe Collagen fibres	
	Czas kutrowania Chopping time	Udział tłuszczu w farszu/ Per cent content of fat in meat batters	Udział tłuszczu w wędlinie/ Per cent content of fat in processed meat products	Czas kutrowania Chopping time	Udział tłuszczu w farszu/ Per cent content of fat in meat batters
Powierzchnia Area	-0,7658 (0,000)*	0,3954 (0,104)*	0,8435 (0,035)*	-0,8160 (0,000)*	-0,0071 (0,978)*
Długość Length	-0,7663 (0,000)*	0,3980 (0,102)*	0,8878 (0,018)*	-0,8249 (0,000)*	-0,0174 (0,945)*
Szerokość Width	-0,7613 (0,000)*	0,4016 (0,099)*	0,8181 (0,047)*	-0,8215 (0,000)*	-0,0237 (0,926)*
Obwód Periphery	-0,7772 (0,000)*	0,3957 (0,104)*	0,8590 (0,028)*	-0,8145 (0,000)*	-0,0069 (0,978)*

Objaśnienia: / Explanatory notes:

* - poziomy istotności współczynników korelacji ($p \leq 0,05$) / *Levels of significance of the correlation coefficients ($p \leq 0,05$)

Dodatek tłuszczu do farszu nie jest skorelowany statystycznie istotnie z parametrami wymiarów, przyjmując jako graniczny poziom wnioskowania 0,05. Jednakże, zarówno dość duże wartości współczynników korelacji, jak i poziomy istotności bliskie przyjętemu wskazują, że celowe jest wygenerowanie równań regresji liniowej wielokrotnej.

Powierzchnia = $2,93 - 0,101 \cdot \text{czas} + 0,008 \cdot \text{udział tłuszczu}$; $R^2 = 0,7427$, $p < 0,000$

Beta = (-0,7634) (0,3953)

Długość = $1,60 - 0,053 \cdot \text{czas} + 0,004 \cdot \text{udział tłuszczu}$; $R^2 = 0,7455$, $p < 0,000$

Beta = (-0,7662) (0,3979)

Szerokość = $1,43 - 0,053 \cdot \text{czas} + 0,004 \cdot \text{udział tłuszczu}$; $R^2 = 0,74095$, $p < 0,000$

Beta = (-0,7613) (0,4016)

Obwód = $2,04 - 0,054 \cdot \text{czas} + 0,004 \cdot \text{udział tłuszczu}$; $R^2 = 0,7606$, $p < 0,000$

Beta = (-0,7772) (0,3957)

Z równań wynika, że prawie dwukrotnie ważniejszy okazał się wpływ czasu kutrowania niż ilość tłuszczu. Wskazują na to wartości standaryzowanych, cząstkowych współczynników regresji liniowej wielokrotnej – Beta. Potwierdził się też kierunek wektora wpływu, to jest ujemny w przypadku czasu kutrowania oraz dodatni w przypadku zawartości tłuszczu.

Najbardziej dynamiczny wzrost ilości cząstek tłuszczu w czasie procesu kutrowania stwierdzono w farszu, w którym dodatek tłuszczu wynosił 40%. Największą ilością cząstek tłuszczu charakteryzował się farsz i wyprodukowana z niego wędlina z 30-procentowym dodatkiem tłuszczu. Wartości te różniły się statystycznie istotnie od wariantów z 20- i 40-procentowym udziałem tłuszczu.

Wraz ze wzrostem udziału tłuszczu w farszach oraz wyprodukowanych z nich wędlinach zwiększała się powierzchnia zajmowana przez cząstki tłuszczu w badanym polu, a jej wartości różniły się statystycznie istotnie pomiędzy stosowanymi wariantami dodatku tłuszczu tj. 20, 30 i 40% (tab. 4).

Wpływ udziału tłuszczu i czasu kutrowania na teksturę wędlin drobno rozdrobnionych badań Dolata [4]. Stwierdził on, że zwiększenie dodatku tłuszczu do farszu wpływa na obniżenie spoistości oraz oceny sensorycznej. Szczególnie dzieje się tak po przekroczeniu 30-procentowego udziału tłuszczu. Optymalny czas kutrowania powinien zmniejszać się ze wzrostem udziału tłuszczu w farszu. Zmniejszanie optymalnego czasu kutrowania wraz ze wzrostem udziału tłuszczu związane jest ze spadkiem odporności mechanicznej farszu. Tłuszcz jest surowcem bardziej plastycznym od tkanki mięśniowej i wymaga krótszego czasu rozdrabniania do tej samej wielkości cząstek [3]. Tłumaczy to dużą dynamikę zmian powierzchni cząstek

tłuszczu w czasie kutrowania w farszu z 40-procentowym udziałem tłuszczu. Między 5. a 8. min procesu kutrowania zmniejszyła się ona o prawie 64%.

Tabela 4

Liczba cząstek tłuszczu oraz ich procentowy udział w farszu mięsnym w zależności od czasu kutrowania i udziału tłuszczu (20, 30, 40%).

The quantity of fat globules and their per cent content in meat batters depending on the chopping time and per cent content of fat (20%, 30%, 40%).

Czas kutrowania [min] Chopping time [min]	Udział tłuszczu w farszu mięsnym [%] Per cent content of fat in meat batters [%]					
	20		30		40	
	Liczba cząstek tłuszczu Quantity of fat globules	Udział cząstek tłuszczu [%] Per cent content of fat globules percentage [%]	Liczba cząstek tłuszczu Quantity of fat globules	Udział cząstek tłuszczu [%] Per cent content of fat globules [%]	Liczba cząstek tłuszczu Quantity of fat globules	Udział cząstek tłuszczu [%] Per cent content of fat globules [%]
5 min	52,35 ^a	29,45 ^a	74,05 ^b	37,23 ^b	53,9 ^a	41,46 ^c
6 min	90,85 ^a	27,15 ^a	113,1 ^b	32,95 ^b	99,6 ^a	35,44 ^c
8 min	144,45 ^a	25,77 ^a	192,6 ^b	34,57 ^b	187,95 ^b	41,75 ^c
(W) / (PMP)	192,6 ^a	18,48 ^a	230,4 ^b	24,17 ^b	186,3 ^a	26,47 ^c

Objaśnienia: / Explanatory notes:

W – wędlina / (PMP) – Processed meat product

Rozdrobnienie tłuszczu oraz jego dyspersja w matrycy proteinowej mają zasadnicze znaczenie dla jakości końcowego produktu. Mocna emulsja charakteryzuje się tym, że wszystkie kuleczki tłuszczu pokryte są otoczką białek rozpuszczalnych w roztworach soli, co zapobiega koalescencji tłuszczu w czasie obróbki termicznej [6, 12, 13]. Według Honikela [8] i Hermansson [7], dodatek tłuszczu do rozdrobnionego chudego mięsa tak długo poprawia wydajność aż w końcowej fazie rozdrabniania zostanie dobrze rozproszony w matrycy proteinowej.

Włókna kolagenowe

Analiza wariancji wpływu serii doświadczalnej oraz wariantu doświadczenia (udział tłuszczu w składzie recepturowym) na wymiary włókien kolagenowych wykazała, że w przypadku farszu statystycznie istotny wpływ na wszystkie wymiary włókien kolagenowych miał wariant doświadczenia. W wędlinie statystycznie istotny wpływ na obwód i długość włókien kolagenowych miała jedynie seria doświadczenia,

natomiast na powierzchnię i szerokość włókien kolagenowych nie miał wpływu żaden z eksperymentalnych czynników zmienności (tab. 1).

Wyniki obliczeń korelacji liniowej (tab. 3) pomiędzy czasem kutrowania i udziałem tłuszczu w farszu a parametrami wymiarów włókien kolagenowych wskazują jednoznacznie, że jedynie czas kutrowania był wysoko statystycznie istotnie i ujemnie skorelowany z wymiarami włókien kolagenowych. Wielkość ta, wyrażona współczynnikiem determinacji (obliczonym jako $100 \cdot R^2$), jest dominująca i wyniosła od 66 do 68%. Wpływ pozostałych czynników doświadczalnych, jak również czynników nieuwzględnionych w doświadczeniu wyniósł od 32 do 34%. W wędlinie natomiast statystycznie istotny wpływ na obwód i długość włókien kolagenowych miała jedynie seria doświadczenia. Na powierzchnię i szerokość włókien kolagenowych nie wpływał żaden z eksperymentalnych czynników zmienności.

Wnioski

1. Stosując system komputerowej analizy obrazu wykazano, że udział tłuszczu w drobno rozdrobnionym farszu mięsnym w granicach od 20% do 30% wpłynął na optymalne rozdrobnienie tkanki tłuszczowej oraz równomierną dyspersję tłuszczu w fazie rozpraszającej.
2. Zwiększenie udziału tłuszczu do 40% spowodowało pogorszenie jakości farszu i wędliny.
3. Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu udziału tłuszczu na powierzchnię i długość włókien kolagenowych.

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003-2005 jako projekt badawczy.

Literatura

- [1] Claus J.R., Hunt M.C., Kastner C.L., Kropf, D.H.: Low-fat, high-added water bologna: effects of massaging, pre-blending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. *J. Food Sci.*, 1990, **55**, 338-341, 345.
- [2] Colmenero F.J., Barreto G., Mota N., Carballo J.: Influence of protein and fat content and cooking temperature on texture and sensory evaluation of bologna sausage. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 1995, **28**, 481-487.
- [3] Dolata W.: Wpływ dodatku tłuszczu i czasu kutrowania na teksturę i ocenę organoleptyczną kielbas parzonych drobno rozdrobnionych. *Gosp. Mięś.*, 1992, **9**, 20-24.
- [4] Dolata W.: Wpływ udziału ścięgniętego mięsa wołowego na czas kutrowania oraz jakość farszów i kielbas drobno rozdrobnionych. *Gosp. Mięś.*, 1994, **4**, 17-21.
- [5] Eland R.: Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN. Warszawa 1964.

- [6] Hamm R., Rede R.: Zur Rheologie des Fleisches. VII. Einfluss des Fettgehaltes und der Temperatur auf das Fließverhalten von Bräten. *Fleischwirt.*, 1975, **55**, 1, 99-102.
- [7] Hermansson A.M.: Meat raw materials in comminuted meat products. Proc. of 33rd Inter. Congress in Meat Sci. Technol., 1987, **2**, 290-297.
- [8] Honikel K.O.: Water binding and fat emulsification during the processing of meat batters. *Meat Sci.*, 1983, **55** (1), 1179-1182.
- [9] Karpiński A.: <http://astro.temple.edu/~andykarp/psych522/03> (Psychology 522–Statistics and Data Analysis I 2003).
- [10] Klettner P.: Zerkleinerungstechnik bei Brühwurst. *Fleischwirt.*, 1985, **65** (1), 22-30.
- [11] Kłosowska D., Lewandowska M., Puchajda H.: *Anim. Prod. Review. Appl. Sci. Report.* 1999, **45**, 73-81
- [12] Paneras E.D., Bloukas J.G., Papadima S.N.: Effect of meat source and fat level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Lenensm.-Wiss.u.-Technol.*, 1996, **29**, 507-514.
- [13] Sadowska M., Sikorski Z.: Reologiczna charakterystyka silnie rozdrobnionych farszów wędlinowych. *Rocz. Inst. Przem. Mięś.* 1976, **23**, (1), 41-45.
- [14] Stetkiewicz J.: Zastosowanie badań morfometrycznych w ocenie toksyczności działania substancji chemicznych. *Studia i materiały monograficzne. Łódź. Instytut Medycyny Pracy. Zeszyt* 1992, **39**, 146.
- [15] Tyszkiewicz I.: Strukturotwórcze funkcje białek mięśniowych i niemięśniowych (elementy teorii i rady praktyczne). *Gosp. Mięś.* 1991, **2**, 1-4.
- [16] Wagner W., Błażczak P.: *Statystyka matematyczna z elementami doświadczałnictwa.* Wyd. AR. Poznań 1992.
- [17] Wirth F.: Wasserbindung, Fettbindung, Strukturbildung. *Fleischwirt.* 1985, **65** (1), 10-20.
- [18] Wojnar L., Majorek M.: *Komputerowa analiza obrazu.* Computer Scanning System Ltd. 1994.

**COMPUTER IMAGE ANALYSIS OF MICROSTRUCTURE IMAGE IN FINELY
COMMUNUTED MEAT BATTERS AND PROCESSED MEAT PRODUCTS WITH VARYING
PER CENT CONTENT OF FAT**

S u m m a r y

It was investigated the effect of varying fat contents in the formulation of meat batters on the quality of batters and processed meat products produced from these batters. For the purpose of histological analyses, samples of meat batters (following the 5, 6, and 8 minute chopping process) and of processed meat products were collected. The analysis of microstructure included the measuring of structural elements (fat globules and collagen fibres); the measurements were performed using a computer image analysis. It was stated that the optimum comminution of adipose tissue and uniform fat dispersion in the protein lattice are obtained when the per cent content of fat in the meat batter ranges from 20% to 30%.

Key words: computer image analysis, microstructure, finely comminuted meat batters, fat, collagen fibres

