

ZBIGNIEW PIETRASIK**WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE KIELBAS KUTROWANYCH
PARZONYCH PRODUKOWANYCH ZE ZRÓŻNCOWANYM
UDZIAŁEM BIAŁKA, TŁUSZCZU I HYDROKOLOIDÓW****Streszczenie**

Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanej zawartości białka, tłuszczu oraz hydrokoloïdów w farszu, na wybrane wyróżniki tekstury drobno rozdrobnionych kielbas parzonych. Stwierdzono, że wartości większości oznaczanych instrumentalnie parametrów reologicznych kielbas rosną wraz ze wzrostem udziału białka i hydrokoloïdów w farszu, natomiast maleją w miarę zwiększania zawartości tłuszczu w składzie recepturowym. W obu analizowanych wariantach kielbas obniżenie udziału tłuszczu w farszu poniżej 20% powodowało pogorszenie właściwości reologicznych finalnych wyrobów. Z powodu nadmiernego zwiększenia twardości oraz pogorszenia stopnia teksturalnego związania wyrobów, nieuzasadnione jest również zwiększenie dawki hydrokoloïdów powyżej 0,8 % ich udziału w farszu.

Wstęp

Produkcja żywności o zmniejszonej kaloryczności, w tym przetworów mięsnych niskotłuszczowych, wzbudza od dłuższego czasu zainteresowanie konsumentów ze względów zdrowotnych. Jednakże, obniżenie zawartości tłuszczu w produktach mięsnych niesie za sobą wiele problemów technologicznych, ponieważ tłuszcz odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu cech reologicznych wyrobów, zwłaszcza tekstury i konsystencji [11, 14, 22, 24]. Wraz ze zmniejszeniem zawartości tłuszczu w kielbasach parzonych drobno rozdrobnionych dochodzi do utwardzenia ich struktury, co nie jest pozytywnie odbierane przez konsumenta.

Obecnie dostępna jest znaczna liczba pozycji literaturowych na temat polepszenia struktury przetworów ubogich w tłuszcz, przy czym główny obszar zagadnień stanowi przydatność przetwórcza białek obcych i dodatków takich, jak: skrobia naturalna i modyfikowana, preparaty białkowe, hydrokoloïdy [11, 14, 21, 30, 32]. Wszystkie te

zamienniki pozwalają zwiększyć uwodnienie przetworów mięsnych, ale jednocześnie charakterystyczne właściwości teksturotwórcze tych substancji powodują, że konsystencja i wrażenie doustne przy spożywaniu kiełbasy niskokalorycznej nie odbiegają od wzorca.

Rozwój technologii wytwarzania produktów niskotłuszczowych wymaga modyfikacji składu recepturowego, co z kolei wywiera wpływ na cechy jakościowe produktu, jak barwę, soczystość, smakowitość, teksturę. Jakość produktów o obniżonej zawartości tłuszczu w dużej mierze uwarunkowana jest strukturą i kompozycją farszów kiełbas drobno rozdrobnionych, a w szczególności zawartością w nich tłuszczu i białka. Jednym z podstawowych problemów wynikających z obniżenia zawartości tłuszczu jest znaczne pogorszenie wyróżników sensorycznych i technologicznych. Próby rozwiązania tego problemu opierają się na zastosowaniu dodatków niemięsnych mających zdolność wiązania dodanej wody i poprawiających teksturę produktu.

Niejednoznaczność wyników badań nad zastosowaniem wspomnianych hydrokoloidów, w aspekcie prognozowania rzeczywistych efektów ich teksturotwórczego oddziaływania w układach farszowych, upoważnia do postawienia hipotezy, że dodatek hydrokoloidów jako składnika surowcowego kiełbas drobno rozdrobnionych parzonych o obniżonej zawartości tłuszczu będzie korzystny.

Celem niniejszej pracy było określenie zależności między udziałem białka, tłuszczu i dodatkiem hydrokoloidów w składzie recepturowym, a wybranymi wyróżnikami teksturalnymi finalnego produktu.

Materiał doświadczalny i układ doświadczenia

Wyboru wariantów produkcyjnych części eksperymentalnej doświadczenia dokonano stosując metodę powierzchni odpowiedzi (Response Surface Methodology – RSM) [23] przy założeniu trzech poziomów białka (8%, 9% i 10%), tłuszczu (15%, 20% i 25%) oraz dodatku hydrokoloidów (0,4%, 0,8% i 1,2%). Przedziały poziomów doświadczalnych czynników rozszerzono o wartości mieszczące się w granicach $(-\infty \dots 0 \dots +\infty)$. W oparciu o oznaczoną zawartość białka i tłuszczu w mięsie oraz białka i tłuszczu w tłuszczu drobnym, wyliczono ilości surowców mięsnych i tłuszczowych spełniające założenia składów recepturowych wynikających z układu doświadczeń zaprojektowanych wg modelu RSM (Tabela 1). Podstawowymi surowcami, z których produkowano wędliny doświadczalne były: wołowina ścięgniasta kl. II i tłuszcz drobny. Podczas procesu produkcyjnego do farszu wytwarzanych kiełbas dodawano hydrokoloidy: gumę gellan o nazwie handlowej KELCOGEL F*, firmy Kelco International lub karagen o nazwie handlowej GENUGEL MG-11, firmy Copenhagen Pectin A/S.

Do produkcji doświadczalnych wędlin użyto jednej partii mrożonych surowców po uprzednim 24 godz. rozmrożeniu w temp. 4°C. Farsze kutrowano nie przekraczając w końcowej fazie temp. 14°C. Obróbkę wędzarniczo-parzelniczą prowadzono do osiągnięcia temp. 70°C w centrum geometrycznym batonów. Następnie kiełbasy schładzano pod natryskiem, zimną wodą do temperatury około 30°C wewnątrz batonu i przechowywano w chłodziarce w temperaturze 0–4°C.

Tabela 1

Układ doświadczenia wyznaczony metodą powierzchni odpowiedzi
Levels of variables according to experimental design

Wariant Variable	Zawartość białka Protein level [%]	Zawartość tłuszczu Fat level [%]	Udział hydrokoloidu Hydrocolloid level [%]
1 K lub G	9,00	20,0	0,80
2 K lub G	9,00	20,0	0,80
3 K lub G	9,00	20,0	0,80
4 K lub G	9,00	20,0	0,80
5 K lub G	9,00	20,0	0,13
6 K lub G	10,00	25,0	0,40
7 K lub G	9,00	20,0	1,47
8 K lub G	9,00	28,4	0,80
9 K lub G	10,00	25,0	1,20
10 K lub G	10,00	15,0	1,20
11 K lub G	9,00	11,6	0,80
12 K lub G	10,68	20,0	0,80
13 K lub G	10,00	15,0	0,40
14 K lub G	8,00	15,0	1,20
15 K lub G	8,00	25,0	1,20
16 K lub G	7,32	20,0	0,80
17 K lub G	8,00	15,0	0,40
18 K lub G	8,00	25,0	0,40

Metody badań

Analizę profilu tekstury oraz pomiary wybranych parametrów lepkosprężystych modelowych wędlin wykonano wykorzystując urządzenie do badań wytrzymałościowych firmy STEVENS- QTS 25. Prędkość przesuwu głowicy ustalono na 50 mm/min.

Próbki analityczne w kształcie walca o wysokości 15 mm i średnicy pola podstawy 25 mm poddano testowi wytrzymałości na ściskanie przy 40 % deformacji, dwukrotnemu ścisnaniu przy 70 % deformacji i czasie relaksacji prób wynoszącym ok. 50 s oraz ścisnaniu w komorze typu Ottawa. Na podstawie krzywych naprężenie - odkształcenie, obliczono parametry profilu tekstury kiełbas oraz określono ich właściwości lepko-sprężyste przy nie niszczącej 40% deformacji prób i wysokonapężeniowe właściwości wyznaczane przy niszczącej deformacji prób w komorze typu Ottawa [5, 33].

Statystycznego opracowania wyników dokonano przy wykorzystaniu programu STATISTICA dla poziomu ufności $p \leq 0,05$.

Wyniki badań i ich omówienie

Wartości oznaczanych parametrów tekstury posłużyły do wyznaczenia, przy pomocy metody RSM, współczynników równań kwadratowych tych wyróżników (Tab. 2 i 3). Umożliwiają one obliczenie ww. wyróżników analitycznych w przedziale zmienności doświadczalnych czynników tj. dodatku hydrokoloidów do farszu w granicach od 0,13% do 1,47% oraz udziału białka i tłuszczu w farszach doświadczalnych kiełbas na poziomach odpowiednio od 7,32 do 10,68 % i 11,6 do 28,4 %. Omówienie wyników przeprowadzono w oparciu o graficzny obraz obliczonych równań drugiego stopnia prezentowanych w formie wykresów przestrzennych.

Profil tekstury kiełbas wyznaczono przy niszczącej 70% deformacji prób.

Nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu zróżnicowanego poziomu zawartości tłuszczu na zmienność wielkości twardości kiełbas produkowanych z udziałem gumy gellan lub karagenu, natomiast zaobserwowano nieznaczny wzrost wartości tego parametru w miarę zmniejszania udziału tłuszczu w ich składzie recepturowym. Spostrzeżenie to znajduje potwierdzenie w wynikach prac wielu autorów [1, 2, 3, 18, 31]. Jednakże należy zwrócić uwagę na fakt, iż w przypadku gdy, obniżenie poziomu tłuszczu w farszu, związane było ze zwiększaniem udziału w nim wody technologicznej, przy jednoczesnym zachowaniu stałego poziomu białka, to wyprodukowane finalne wyroby cechowały się mniejszą twardością [6, 7, 10, 11, 12, 13, 15]. Inne zależności zaobserwowali Mittal i Barbut [25], którzy analizując kiełbasy o zbliżonej zawartości białka wykazali, że wielkość twardości kiełbas typu „low-fat” (5–9% tłuszczu) była wprawdzie większa niż w przypadku wędlin wysokotłuszczowych (23–29% tłuszczu), lecz wyraźnie mniejsza dla wyrobów zawierających 13-17% tłuszczu.

Ahmed i wsp. [1] wykazali, że tłuszcz pełni rolę czynnika ułatwiającego przesuwanie się miofilamentów względem siebie, powodując w konsekwencji poprawę kruchości wędlin oraz przyczyniając się do zmniejszenia nakładu siły potrzebnej do destrukcji próbek kiełbas. Zaobserwowano jednak również, że w przypadku, gdy poziom zawartości białka w farszu jest względnie stały, wpływ zawartości tłuszczu na teksturę

Tabela 2

Współczynniki równań kwadratowych wyróżników określających profil tekstury doświadczalnych kiełbas
 Regression coefficients for texture profile analysis parameters

Wyróżnik/Variable	constant	a	b	c	ab	ac	bc	aa	bb	cc
Twardość	K	-17,431**	-2,187	-5,690**	0,073	1,362	0,080	1,086*	0,034	-3,299
Hardness	G	-21,802**	1,771	-15,633*	-0,207	1,646	0,576	1,658	-0,008	-3,720
Pęknięcie	K	110,552**	-16,018**	-17,794**	-0,027	1,168	0,291	1,154	0,054	4,373
Fracturability	G	225,466**	-1,911	60,219	0,245	-2,900	0,193	2,911	0,002	-19,219
Dn	K	85,162**	-6,352**	-14,997**	-0,021	1,600	-0,045	0,295	0,022	-0,595
	G	87,853**	-6,877	9,653	0,048	0,390	-0,204	0,295	0,025	-5,447
Sprężystość	K	1,016**	0,006	-0,246	-0,001	0,034	0,004	0,007	0,000	-0,091
Springiness	G	0,101**	0,056**	-0,166	-0,003	0,036	-0,001	0,001	0,000	-0,083
Gumowatość	K	48,188**	9,814**	2,710	-0,031	0,731	-0,093	0,650**	0,001	-4,893**
Gumminess	G	64,305**	-12,324**	-10,729	-0,069	0,984	0,054	0,851*	0,014	0,890
Kohezynność	K	0,397**	-0,060	0,002*	-0,000	0,008	-0,000	0,003	-0,000	-0,048*
Cohesiveness	G	0,410**	-0,034	-0,118	-0,000	0,011	-0,000	0,002	0,000	0,006
Żuwalność	K	39,660**	-8,707**	-1,224	-0,057	0,925	-0,010	0,595*	0,003**	-4,451
Chewiness	G	45,497**	-9,782**	-11,570	-0,108	1,365	0,026	0,727	0,011	-0,501
δ_N	K	225,210**	-32,627**	-36,312**	-0,055	2,387	0,595	2,351	0,111	8,895
	G	459,601**	-99,186**	-3,897	0,500	-5,909	0,393	5,940	0,005	-39,187
$\delta_{0,7}$	K	218,415**	-32,918**	-2,435**	0,099	2,137	0,037	2,161*	0,068	-7,050
	G	231,838**	-49,279**	7,311	-0,077	-0,953	0,315	3,514*	-0,011	0,152

*** istotny przy $p \leq 0,01$; significant at $p \leq 0,01$

** istotny przy $p \leq 0,05$; significant at $p \leq 0,05$

* istotny przy $p \leq 0,10$; significant at $p \leq 0,10$

Tabela 3

Współczynniki równań kwadratowych wyróżników okręglających właściwości lepkościowe doświadczalnych kiełbas wyznaczone przy niszczącej deformacji prób w komorze typu Ottawa oraz przy nie niszczącej 40% deformacji

Regression coefficients for parameters determining viscoelastic characteristics of sausages at destructive deformation in Ottawa cell and at non destructive 40% deformation

Wyróżnik/ Variable		constant	a	b	c	ab	ac	bc	aa	bb	cc
F _{max}	K	-134,164**	33,508**	6,063**	-36,045*	-0,793	3,184	-0,851	-0,585	0,007	8,635
	G	-113,509**	26,487**	6,742**	-47,452	-0,617	9,293	-0,147	-0,447	-0,057	-18,000
F _{kOut}	K	-165,244**	26,753**	5,139	21,559*	-0,361	-0,846	-0,863	-0,761	-0,032	5,966
	G	169,844**	-31,353**	-2,594	40,401	0,240	-0,943	0,105	1,801	0,011	-18,331
D _{fitOut}	K	23,328**	4,697	0,435**	-15,428	-0,042	1,884	0,144	-0,276	-0,001	-2,455
	G	110,846**	-9,795	-1,720	4,794	-0,026	1,418	-0,096	0,469	0,048	-9,018
δ _{max}	K	-272,932**	68,211**	12,349**	-73,626	-1,618	6,496	-1,736	-1,188	0,016	17,671
	G	-227,556**	53,382**	13,650**	-96,523*	-1,259	18,818	-0,278	-0,870	-0,114	-36,432*
δ _{NOut}	K	-403,660**	66,799**	11,565	50,784**	-0,737	-1,725	-1,761	-2,235	-0,094	7,906
	G	346,064**	-63,890**	-5,284	82,370	0,490	-1,921	0,214	3,670	0,023	-37,396
SMH	K	56,315**	1,502	-0,298	0,201	0,035	-0,256	0,012	-0,126	-0,000	1,254**
	G	72,275**	-3,087*	-0,004	2,845	0,030	-0,300	-0,001	0,142	-0,005	-0,038
Se	K	1,028**	-0,107	0,003	-0,295	-0,000	0,040	0,003	0,006	8,263	-0,090
	G	2,927**	-0,478	-0,034	0,376	0,002	-0,025	-0,004	0,025	0,000	-0,034

*** istotny przy $p \leq 0,01$; significant at $p \leq 0,01$,

** istotny przy $p \leq 0,05$; significant at $p \leq 0,05$

* istotny przy $p \leq 0,10$; significant at $p \leq 0,10$

może być zupełnie odmienny. Przy spełnieniu bowiem powyższych warunków, zmniejszenie udziału tkanki tłuszczowej w zestawie surowcowym oraz wprowadzenie w to miejsce wody, powoduje spadek efektywnej „koncentracji” białka odpowiedzialnego za formowanie usieciowanych przestrzennych matryc utrzymujących emulsję wodno-tłuszczową [6, 8, 9]. Utworzone, przy mniejszym udziale białka, żelowane agregaty, charakteryzują się luźniejszą, mniej zwartą strukturą czego rezultatem jest mniejsza twardość oznaczana przy testowaniu finalnych produktów. Zjawisko to znajduje potwierdzenie w badaniach Hermansson [19], w których wykazano, iż wraz ze wzrostem udziału białka w strukturach matrycy żelowej następowało zwiększenie zwartości układu, co znajdowało odbicie w wielkościach sił potrzebnych do jego destrukcji. Podkreślić jednak należy, iż zgodnie ze spostrzeżeniami Clausa [11] efektu rozcieńczenia białka można użyć do wytłumaczenia powyższych zależności jedynie wtedy, gdy nie nastąpiły zbyt duże ubytki wody podczas obróbki cieplnej oraz w czasie wychładzania kiełbas.

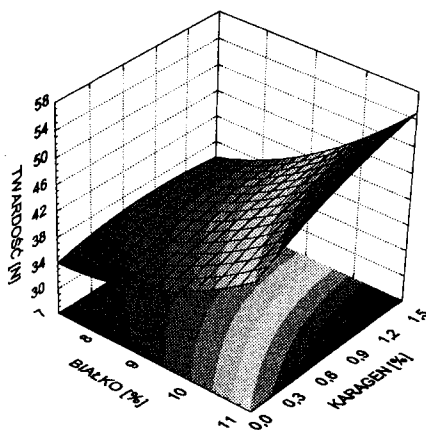
Wyniki badań własnych wskazują, że zarówno w przypadku produktów z dodatkiem karagenu jak i gumy gellan, zróżnicowany udział białka w farszu miał istotny wpływ na wielkość siły potrzebnej do 70% deformacji prób (Tab. 2). Najmniejszą twardością charakteryzowały się wędliny o najmniejszej zawartości białka w farszu i minimalnym dodatku hydrokoloidów. Zwiększanie zawartości białka i ilości polisacharydów w wyjściowym składzie recepturowym kiełbas powodowało jednoczesny wzrost twardości finalnych wyrobów. Wpływ rosnącego dodatku eksperymentalnych hydrokoloidów do farszów ujawnia się szczególnie w kiełbasach o maksymalnej zawartości białka, niezależnie od udziału w nich tłuszczu. Wyroby wyprodukowane z 1,2% dodatkiem gumy gellan lub karagenu cechowały się większymi, odpowiednio o 17% i 10%, wartościami analizowanego wyróżnika w porównaniu do produktów zawierających 0,4% polisacharydów w swym składzie recepturowym (Rys. 1 i 2).

Zwiększanie się twardości kiełbas, w całym przedziale zmienności udziału tłuszczu, w miarę wzrostu zawartości białka i dodatku hydrokoloidów, jest zbieżne z wynikami pomiarów wyróżników pękania (P_k) i naprężenia $\delta_{0,7}$.

Wartości naprężenia $\delta_{0,7}$ doświadczalnych kiełbas są liczbowo zbliżone do wartości naprężenia niszczącego analizowanych wyrobów. Należy jednak podkreślić, że w przypadku wszystkich wariantów wędlin wielkości te są mniejsze od rejestrowanych w momencie pękania prób δ_N . Nieduże różnice między wartościami analizowanych naprężeń, odzwierciedlające się mniejszą podatnością kiełbas na rozpad na części, świadczyć mogą o dużej ich elastyczności i stosunkowo małej kruchości.

W momencie pękania prób wyznaczono także, odpowiadającą temu stanowi naruszenia struktury, wielkość deformacji prób (D_n). Nie stwierdzono istotnego wpływu żadnego z doświadczalnych czynników zmienności na wielkości odkształceń próbek

kiełbas wyprodukowanych z udziałem gumy gellan. Analizując natomiast kiełbasy zawierające karagen w składzie recepturowym, stwierdzono wzrost kruchości wędlin w miarę zwiększania dodatku hydrokoloidu, co odzwierciedlało się spadkiem stopnia deformacji prób, przy którym następowało ich pękanie. Szczególnie duży wpływ zwiększonej dawki tego preparatu na wielkość analizowanego wyróżnika zaznaczył się w kiełbasach wyprodukowanych z minimalnym, doświadczalnie przyjętym udziałem białka w farszu (Rys. 3). Biorąc dodatkowo pod uwagę wyraźny wzrost wartości δ_N i P_k w omawianych wariantach wędlin można wnioskować, że kiełbasy wyprodukowane z maksymalną dawką karagenu charakteryzowały się teksturą bardziej kruchą a jednocześnie twardszą i mniej elastyczną w porównaniu z wyrobami zawierającymi 0,4% wspomnianego polisacharydu.



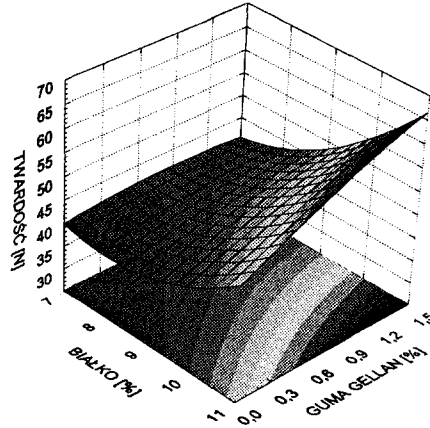
Rys. 1. Zmienność wartości twardości kiełbas w zależności od udziału białka i karagenu w farszu wyznaczona przy 20,0% zawartości tłuszczu.

Fig. 1. Effect of protein and carrageenan levels on hardness of sausages at 20.0% fat content.

Charakter przebiegów zmienności obserwowanych w przypadku wyróżników gumowatości i żuwalności wynikający ze zróżnicowanego składu chemicznego doświadczalnych farszów, jest bardzo zbliżony. W obu grupach eksperymentalnych wędlin produkowanych z preparatami gumy gellan i karagenu stwierdzono istotny wzrost gumowatości i żuwalności finalnych wyrobów wraz ze zwiększeniem ilości białka w farszu.

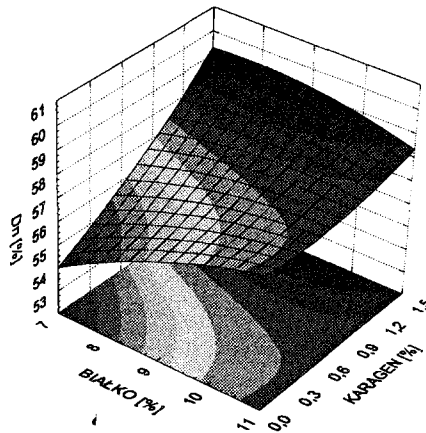
Zaobserwowano także, że wędliny niskotłuszczowe, wytwarzane z udziałem preparatu GENUGEL MG-11, charakteryzowały się większą gumowatością w porównaniu do wyrobów zawierających w swym składzie największe zawartości tłuszczu.

Obserwowana tendencja wzrostu gumowatości kiełbas, w miarę obniżania w nich udziału tłuszczu, jest zgodna z wynikami większości prac dotyczących omawianego zagadnienia [3, 4, 25, 26].



Rys. 2. Zmienność wartości twardości kiełbas w zależności od udziału białka i gumy gellan w farszu wyznaczona przy 20,0% zawartości tłuszczu.

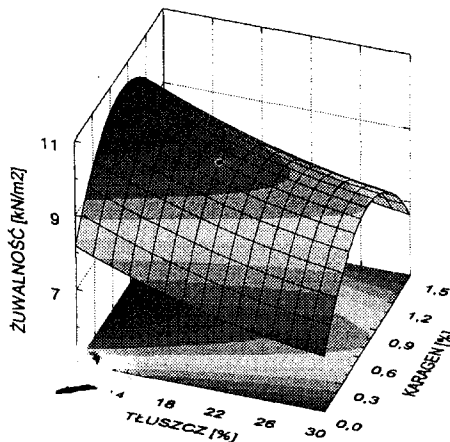
Fig. 2. Effect of protein and gellan gum levels on hardness of sausages at 20.0% fat content.



Rys. 3. Zmienność wartości deformacji niszczącej w zależności od udziału białka i karagenu w farszu wyznaczona przy 20,0% zawartości tłuszczu.

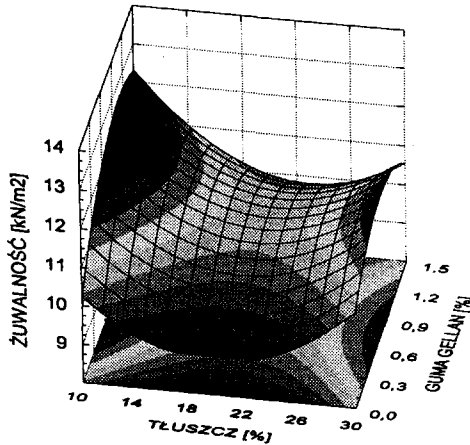
Fig. 3. Effect of protein and carrageenan levels on destructive deformation of sausages at 20.0% fat content.

Zauważono ponadto, że wyroby zawierające 20-25% tłuszczu cechowały się znacznie większą łatwością żucia w porównaniu do przetworów niskotłuszczowych, w których zawartość tłuszczu nie przekraczała 15%. Największy wpływ zmiennego poziomu wspomnianego czynnika na stopień przeżuwalności zaznaczył się przy testowaniu wariantów wędlin wytworzonych z największym udziałem białka i maksymalnym poziomem stosowania hydrokoloidów (Rys. 4 i 5). Istotny wzrost wielkości analizowanego parametru profilu tekstury, spowodowany obniżeniem zawartości tkanki tłuszczowej w składzie recepturowym kielbas, zarejestrowali również Barbut i Mittal [2, 3, 25]. Warto nadmienić, że wspomniani autorzy w swoich badaniach wykazali, iż charakter zmienności parametru żuwalności miał miejsce jedynie w zakresie 11-20 % udziału tłuszczu w farszu. Obniżenie zawartości tłuszczu poniżej granicy 11% powodowało natomiast zależności odwrotne, co przejawiało się spadkiem wielkości analizowanego wyróżnika wraz ze zmniejszeniem udziału tłuszczu w farszu do poziomu ok. 8% [25]. W opinii tych autorów, przyczyną zaistniałego zjawiska należy upatrywać w nadmiernym uwodnieniu farszu oraz wynikłych z tego zmianach wzajemnych relacji między udziałem wody, białka i tłuszczu w finalnych wyrobach. Spadek wartości oznaczonej instrumentalnie żuwalności próbek kielbas, wynikający z obniżenia do 8% zawartości tłuszczu, potwierdzających powyższą hipotezę, wykazano również w pracach eksperymentalnych prowadzonych przez Colmenero i wsp. [15].



Rys. 4. Zmienność wartości żuwalności kielbas w zależności od udziału tłuszczu i karagenu w farszu wyznaczona przy 9,0% zawartości białka.

Fig. 4. Effect of fat and carrageenan levels on chewiness of sausages at 9.0% protein content.



Rys. 5. Zmienność wartości żuwalności kiełbas w zależności od udziału tłuszczu i gumy gellan w farszu wyznaczona przy 9,0% zawartości białka.

Fig. 5. Effect of fat and gellan gum levels on chewiness of sausages at 9,0% protein content.

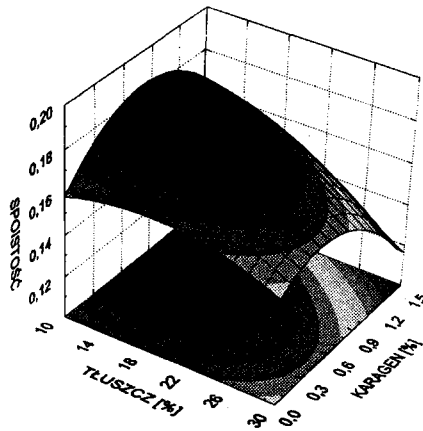
Mimo, iż nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między analizowanymi parametrami wariantów kiełbas produkowanych ze zróżnicowanymi dawkami doświadczalnych hydrokoloidów, to zaobserwowano, że zwiększanie udziału karagenu lub gumy gellan w składzie recepturowym do wielkości ok. 0,8 % - 1,0% odzwierciedlało się wzrostem gumowatości i żuwalności analizowanych wędlin. Po przekroczeniu ww. zawartości obu doświadczalnych dodatków w kiełbasach obserwowano zmniejszenie się wartości omawianego wyróżnika, szczególnie wyraźne przy testowaniu wędlin zawierających karagen (Rys. 4).

Wg Hoogenkampa [20] wzrost wielkości żuwalności, jak również gumowatości i spoistości w wyrobach z udziałem karagenów jest wynikiem tworzenia się, podczas obróbki cieplnej, twardego, podosłonkowego filmu (skórki). Właśnie te bardziej strukturalnie związane zewnętrzne warstwy wyrobu odpowiedzialne są prawdopodobnie za wyższe wartości wspomnianych parametrów profilu tekstury.

W wyniku zmniejszania się udziału tłuszczu w recepturze, w przedziale objętym układem doświadczenia, zanotowano około 25% wzrost spoistości testowanych próbek wędlin. Przy czym, w przypadku kiełbas produkowanych z udziałem karagenu maksymalną spoistość oznaczono w kiełbasach zawierających ok. 20 % tłuszczu (Rys. 6).

Wzrost spoistości kiełbas, wynikający ze zmniejszenia w ich składzie recepturowym udziału tkanki tłuszczowej, potwierdzający uzyskane w badaniach własnych zależności, wykazali również Claus i wsp. [13], Park i wsp. [28], Mittal i Barbut [25, 26], Barbut i Mittal [2]. Często jednak różnice w wielkości tego parametru między

wariantami zawierającymi zróżnicowane zawartości tłuszczu są na tyle niewielkie, iż nie upoważniają do określenia statystycznie istotnych kierunków zmienności [4, 6, 12, 15, 17, 27, 29]. O nieco innych zależnościach donosi Dolata [16]. Wykazał on mianowicie, iż w przedziale 10-40% udziału tkanki tłuszczowej w zestawie surowcowym kielbas parzonych drobno rozdrobnionych kohezynność finalnych wyrobów rośnie jedynie w przedziale spadku zawartości tłuszczu z 40% do ok. 20% (wartość maksymalną wyznaczono przy 21,63% dodatku tkanki tłuszczowej). Obniżenie udziału tłuszczu do 10% powodowało natomiast spadek stopnia związania finalnych wyrobów czego wyrazem były malejące wartości oznaczonej instrumentalnie spoistości kielbas. Analiza własnych danych doświadczalnych nie wykazała istotnych zmian spoistości kielbas wyprodukowanych przy zróżnicowanym poziomie białka oraz eksperymentalnych hydrokoloidów w składzie recepturowym. W przypadku wędlin z udziałem karagenu określono jedynie przedział zmienności, w którym finalne przetwory charakteryzują się maksymalną spoistością. W obszarze tym, odpowiadającym 0,8 % zawartości wspomnianego polisacharydu i w całym zakresie ilościowym udziału białka i tłuszczu, rejestrowano o około 10-20 % większe wartości kohezynności w porównaniu z analogicznymi wariantami wytworzonymi przy udziale zarówno minimalnych jak maksymalnych dawek karagenu (Rys. 6).

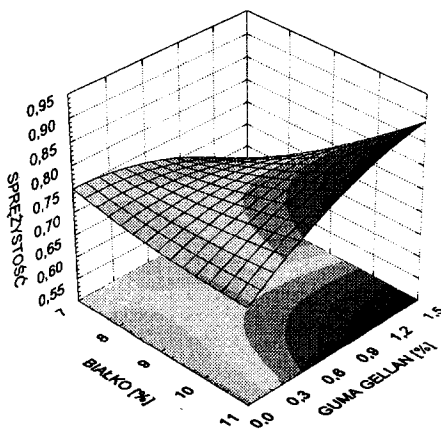


Rys. 6. Zmienność wartości spoistości kielbas w zależności od udziału tłuszczu i karagenu w farszu wyznaczona przy 9,0% zawartości białka.

Fig. 6. Effect of fat and carrageenan levels on cohesiveness of sausages at 9,0% protein content.

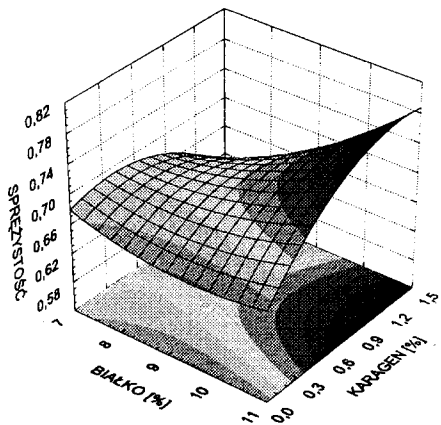
Na sprężystość kielbas produkowanych z udziałem gumy gellan i karagenu istotny statystycznie wpływ ma jedynie zawartość białka w farszach używanych do ich wytwarzania. Oznaczone wielkości właściwości sprężystych kielbas wzrastają w wy-

niku zwiększenia zawartości w nich białka i są tym większe, im wyższa jest dawka hydrokoloidów w wyjściowym zestawie recepturowym (Rys. 7 i 8).



Rys. 7. Zmienność wartości sprężystości kielbas w zależności od udziału białka i gumy gellan w farszu wyznaczona przy 20,0% zawartości tłuszczu.

Fig. 7. Effect of protein and gellan gum levels on springiness of sausages at 20.0% fat content.



Rys. 8. Zmienność wartości sprężystości kielbas w zależności od udziału białka i karagenu w farszu wyznaczona przy 20,0% zawartości tłuszczu.

Fig. 8. Effect of protein and carrageenan levels on springiness of sausages at 20.0% fat content.

Oprócz wspomnianego wpływu koncentracji białka, dużą rolę w kształtowaniu właściwości sprężystych kielbas drobno rozdrobnionych odgrywa zawartość tkanki tłuszczowej w ich składzie recepturowym. Zwiększenie jej udziału w recepturze pro-

wadzi przeważnie do spadku cech sprężystych (elastycznych) i zwiększenia plastyczności finalnych wyrobów [10, 13, 17, 25, 28]. Jednakże zależności te mogą mieć również charakter zupełnie odmienny. Świadczy o tym eksperyment Mittala i Barbuta [27], w którym wykazano istotny wzrost sprężystości kielbas w miarę zwiększania udziału tłuszczu w farszu stosowanego do ich wytwarzania (od 9,9% do 17,5%). W powyższym doświadczeniu, spadek sprężystości wędlin zarejestrowano dopiero wówczas, gdy zawartość tłuszczu w farszu przekroczyła 20%.

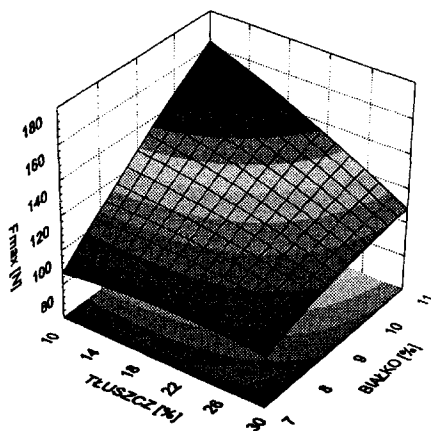
W badaniach własnych, podobnie jak w pracach Clausa i wsp. [12], Shackelforda i wsp. [29] oraz Colmenero i wsp. [15], nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu zróżnicowanego poziomu tłuszczu na wyznaczoną instrumentalnie sprężystość kielbas. Na ujawnienie się nieznacznych różnic między wartościami Spr doświadczalnych kielbas i ich stosunkowo dużą wielkość miał zapewne wpływ dość długi, bo 50 sekundowy czas relaksacji prób pomiędzy cyklami ściskania, który wg Zieglera i wsp. [33] winien się zamykać w przedziale 20-50 sekund.

Wysokonapreżeniowe właściwości reologiczne kielbas wyznaczane przy niszczącej deformacji prób w komorze typu Ottawa

Analizując wielkości maksymalnych sił rejestrowanych w testach ściskania (F_{\max}) oraz odpowiadające im wartości naprężeń (δ_{\max}) zaobserwowano, że niezależnie od zastosowanej dawki hydrokoloidów, następowało znaczne zwiększenie wartości F_{\max} i δ_{\max} w miarę wzrostu udziału białka w farszu. Największe różnice w wielkości omawianych wyróżników między wariantami kielbas wyprodukowanymi z różnym udziałem białka, zauważono testując wyroby, w których zawartość tłuszczu nie przekraczała 15% (Rys. 9 i 10). Wykazano ponadto, że wyraźne zmniejszanie siły potrzebnej do przecięnięcia próbek wędlin przez dno komory typu Ottawa, w miarę zwiększania udziału tłuszczu, następuje jedynie dla wariantów kielbas wyprodukowanych z zawartością białka w farszu na poziomie powyżej 9% i w całym przedziale zmienności dodawanych hydrokoloidów.

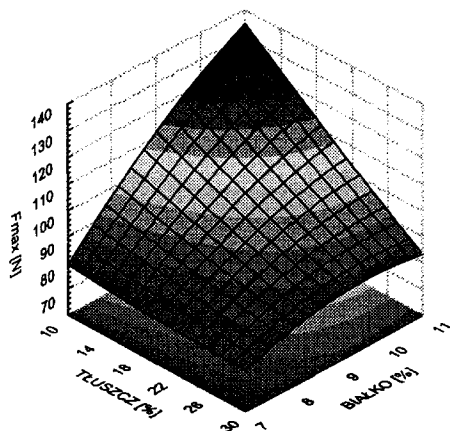
Przy testowaniu próbek wędlin w komorze typu Ottawa, wyznaczono także wielkości sił w momencie ich pęknięcia (P_{kot}) i naprężeń (δ_{NOtt}), przy których następowało zniszczenie struktury prób, oraz odpowiadającą temu stanowi wielkość deformacji prób D_{NOtt} . Wartości sił mierzonych w momencie pęknięcia próbek wędlin oraz odpowiadające im wielkości naprężeń są skorelowane ($r = 0,799$ dla wyrobów z gumą gellan i $r = 0,6842$ w przypadku kielbas wytworzonych z dodatkiem karagenu) z wartościami parametrów odpowiednio P_k i δ_N rejestrowanymi przy 70% deformacji. Obserwowane przebiegi funkcji, potwierdzają zbliżony charakter wpływu testowanych czynników zmienności do przedstawionego przy omawianiu wyróżników δ_N i P_k . Na podkreślenie zasługuje fakt, że w całym zakresie ilościowym udziału białka, tłuszczu

i dodatku eksperymentalnych hydrokoloidów, zniszczenie próbek kielbas w komorze typu Ottawa wymagało o około 10% mniejszej siły w porównaniu do użytej w celu destrukcji prób w trakcie wykonywania analizy profilu tekstury. Zauważyć ponadto należy, że oznaczone wielkości odkształceń D_{nOtt} są o około 2% większe od rejestrowanych w momencie pęknięcia prób poddawanych 70% kompresji.



Rys. 9. Zmienność wartości F_{max} rejestrowanej w komorze typu Ottawa w zależności od udziału białka i tłuszczu w farszu wyznaczona przy 0,8% dodatku gumy gellan.

Fig. 9. Effect of protein and fat levels on F_{max} recorded in Ottawa cell at 0,8% gellan gum addition.

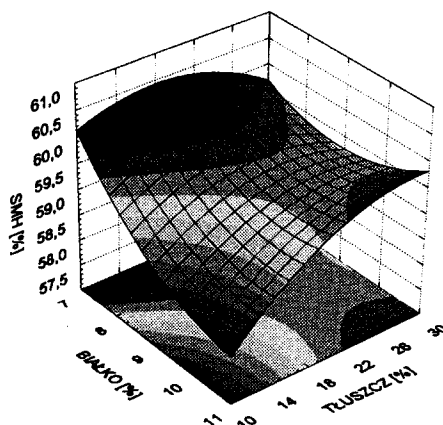


Rys. 10. Zmienność wartości F_{max} rejestrowanej w komorze typu Ottawa w zależności od udziału białka i tłuszczu w farszu wyznaczona przy 0,8% dodatku karagenu.

Fig. 10. Effect of protein and fat levels on F_{max} recorded in Ottawa cell at 0,8% carrageenan addition

Właściwości lepkością sprężyste kielbas wyznaczone przy nie niszczącej 40% deformacji prób

Straty mechanicznej histerezy (SMH) są miernikiem właściwości sprężystych lub plastycznych ściskanego materiału. Analizując dane statystyczne pod kątem wpływu doświadczalnych czynników zmienności na stopień plastyczności kielbas stwierdzono, że jedynie poziom zawartości białka w farszu wpływa na wzrost sprężystości ściskanej próby. Dla obydwu grup testowanych wędlin zauważono, że wyraźna przewaga cech sprężystych nad plastycznymi, wynikająca ze zwiększenia udziału tego czynnika w farszu, ujawnia się szczególnie przy testowaniu próbek kielbas wyprodukowanych z 1,2% zawartością karagenu lub gumy gellan w składzie recepturowym (Rys. 11 i 12). Wykazane zależności są w dużym stopniu zbieżne z przebiegiem zmienności wyróżnika sprężystości.

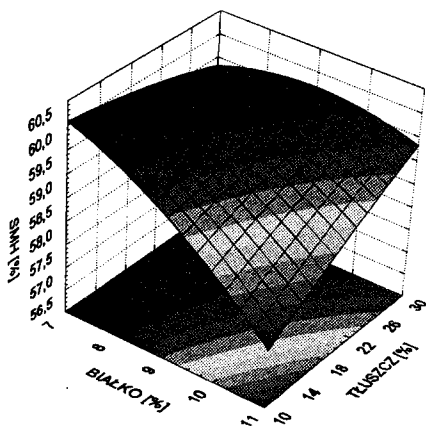


Rys. 11. Zmienność wartości SMH w zależności od udziału białka i tłuszczu w farszu wyznaczona przy 1,2% dodatku gumy gellan.

Fig. 11. Effect of protein and fat levels on MHL of sausages at 1.2% gellan gum addition.

Nie stwierdzono natomiast statystycznie istotnych zmian wartości SMH w zależności od pozostałych czynników zmienności, choć można zauważyć nieznaczny wzrost cech plastycznych kielbas w miarę zwiększania udziału tkanki tłuszczowej w ich składzie surowcowym.

Powyższe obserwacje są zgodne z wynikami badań Zieglera [33], który wykazał, iż na plastyczność przetworów mięsnych szczególnie istotny wpływ, oprócz stopnia uwodnienia, ma poziom tłuszczu i jego ilościowy stosunek do białka w gotowym wyrobie. W opinii wspomnianego autora duża zawartość tłuszczu w kielbasach ma decydujące znaczenie na definiowany parametrem SMH, zwiększony udział cech plastycznych w stosunku do sprężystych.



Rys. 12. Zmienność wartości SMH w zależności od udziału białka i tłuszczu w farszu wyznaczona przy 1,2% dodatku karagenu.

Fig. 12. Effect of protein and fat levels on MHL of sausages at 1.2% carrageenan addition.

Wartości SMH są ujemnie skorelowane [$r = -0,855691$ (karagen) i $r = -0,420942$ (guma gellan)] z wielkościami liczbowymi stopnia elastyczności wędlin (Se), będącymi stosunkiem deformacji elastycznej do całkowitej. Te zaś z kolei wykazują wysoką korelację [$r = 0,912471$ (karagen) i $r = 0,642453$ (guma gellan)] z wartościami sprężystości (Spr), co znajduje potwierdzenie w podobnym charakterze przebiegu zmienności obu wyróżników.

Wnioski

1. Wartość większości oznaczanych instrumentalnie parametrów reologicznych kiełbas rośnie wraz ze wzrostem udziału białka i hydrokoloidów w farszu, natomiast maleje w miarę zwiększania zawartości tłuszczu w składzie recepturowym.
2. Analiza wszystkich wyróżników lepkości sprężystych wykazała, że zmniejszenie udziału tłuszczu w recepturze prowadzi przeważnie do wzrostu cech sprężystych (elastycznych) i zmniejszania plastyczności finalnych wyrobów. Powoduje jednocześnie zwiększenie gumowatości oraz żuwalności kiełbas. Z tego też względu uznać można, że granica zmniejszenia ilości tłuszczu w recepturze nie powinna być przesunięta poniżej 20%. Z powodu nadmiernego zwiększenia twardości oraz stopnia pogorszenia teksturalnego związania wyrobów, nieuzasadnione jest również zwiększenie dawki hydrokoloidów powyżej 0,8 % ich udziału w farszu.

LITERATURA

- [1] Ahmed P.O., Miller M.F., Lyon C.E., Vaughter H.M., Reagan J.O.: Physical and sensory characteristics of low-fat fresh sausage processed with various levels of added water. *J. Food Sci.*, **55**, 1990, 625.
- [2] Barbut S., Mittal, G.S.: Use of carrageenans and xanthan gum in reduced fat breakfast sausages. *Lebensm.-Wiss.Technol.*, **25**, 1992, 509.
- [3] Barbut S., Mittal G.S.: Effects of three cellulose gums on the texture profile and sensory properties of low fat frankfurters. *Int. J. Food Sci. Tech.*, **31**, 1996, 241.
- [4] Bloukas J.G., Paneras E.D.: Quality characteristics of low-fat frankfurters manufactured with potato starch, finely ground toasted bread and rice bran. *J. Muscle Foods*, **7**, 1996, 109.
- [5] Bourne M.C.: Food texture and viscosity. Academic Press, New York, 1982.
- [6] Carballo J., Baretto G., Colmenero F.J.: Starch and egg white influence on properties of bologna sausage as related to fat content. *J. Food Sci.*, **60**, 1995, 673.
- [7] Carballo J., Fernandez P., Baretto G., Solas M.T., Colmenero F.J.: Characteristics of high- and low-fat bologna sausages as affected by final internal cooking temperature and chilling storage. *J. Sci. Food Agric.*, **72**, 1996, 40.
- [8] Carballo J., Fernandez P., Baretto G., Solas M.T., Colmenero F.J.: Morphology and texture of bologna sausage as related to content of fat, starch and egg white. *J. Food Sci.*, **61**, 1996, 652.
- [9] Carballo J., Solas M.T., Colmenero F.J.: Effects of different levels of fat on rheological changes and microstructure of meat batters during heat processing. *Z.Lebensm. Unters. Forsch.*, **197**, 1993, 109.
- [10] Cavestany M., Colmenero F.J., Solas M.T., Carballo J.: Incorporation of sardine surimi in bologna sausage containing different fat levels. *Meat Sci.*, **38**, 1994, 27.
- [11] Claus J.R. Fat reduction in comminuted meat systems. *Proc. Recipr. Meat Conf.*, **44**, 1991, 93.
- [12] Claus J.R., Hunt M.C., Kastner C.L.: Effects of substituting added water for fat on the textural, sensory and processing characteristics of bologna. *J. Muscle Foods*, **1**, 1989, 1.
- [13] Claus J.R., Hunt M.C., Kastner C.L., Kropf D.H.: Low-fat, high added water bologna: Effect of massaging, preblending, and time of addition of water. *J. Food Sci.*, **55**, 1990, 338.
- [14] Colmenero F. J.: Technologies for developing low-fat meat products. *Trends Food Sci. Technol.*, **7**, 1996, 41.
- [15] Colmenero F.J., Carballo J., Solas M.T.: The effect of use of freeze-thawed pork on the properties of bologna sausages with two fat levels. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **30**, 1995, 335.
- [16] Dolata W.: Wpływ dodatku tłuszczu i czasu kutrowania na teksturę i ocenę organoleptyczną kiełbas parzonych drobnorozdrobnionych. *Gospodarka Mięsna*, **43**, 2, 1991, 20.
- [17] Eilert S.J., Blackmer D.S., Mandigo R.W., Calkins C.R.: Characteristics of low-fat frankfurters manufactured with modified beef connective tissue. *J. Muscle Foods*, **4**, 1993, 269.
- [18] Hand L.W., Hollingsworth C.A., Calkins C.R., Mandigo R.W.: Effects of preblending, reduced fat and salt levels on frankfurter characteristics. *J. Food Sci.*, **52**, 1987, 1149.
- [19] Hermansson A.M.: Gel characteristics-structure as related to texture and waterbinding of blood plasma gels. *J. Food Sci.*, **47**, 1982, 1965.
- [20] Hoogenkamp H.W.: Building a better burger. *Meat Process.*, **30**, 1991, 4, 24.
- [21] Keeton J.T.: Fat substitutes and fat modification in processing. *Proc. Recipr. Meat Conf.*, **44**, 1991, 79.
- [22] Keeton J.T.: Low-fat meat products - technological problems with processing. *Meat Sci.*, **36**, 1994, 261.
- [23] Khuri A.I., Cornell J.A.: Response surfaces: designs and analyses. Second Edition, Revised and expanded, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, Hong Kong, 1996.

- [24] Miller R.K.: Acceptability of low-fat meat products. Proc. Meat Industry Research Conf., 1993, 18.
- [25] Mittal G.S., Barbut S.: Role of fat in pork breakfast sausages. Proc. 38th Int. Congr. Meat Sci. Technol., Clermont-Ferrand, France, 5, 1992, 1147.
- [26] Mittal G.S., Barbut S.: Effects of various cellulose gums on the quality parameters of low-fat breakfast sausages. Meat Sci., **35**, 1993, 93.
- [27] Mittal G.S., Barbut S.: Effects of fat reduction on frankfurters' physical and sensory characteristics. Food Research International, **27**, 1994, 425.
- [28] Park J., Rhee K.S., Ziprin Y.A.: Low-fat frankfurters with elevated levels of water and oleic acid. J. Food Sci., **55**, 1990, 871
- [29] Shackelford S.D., Miller M.F., Haydon K.D., Reagan J.O.: Effects of feeding elevated levels of monosaturated fats to growing-finishing swine on acceptability of low-fat sausage. J. Food Sci., **55**, 1990, 1497.
- [30] Shand P.J., Schmidt G.R., Mandigo R.W., Claus J.R.: New technology for low-fat meat products. Proc. Recipr. Meat Conf., **43**, 1990, 37.
- [31] Sofos J.N., Allen C.E.: Effects of lean meat and levels of fat and soy protein on the properties of wiener-type products. J. Food Sci., **42**, 1977, 875.
- [32] Trius A., Sebranek J.G.: Carrageenans and their use in meat products. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutrition, **36**, 1996, 69.
- [33] Ziegler G.R., Rizvi S.S.H., Acton J.C.: Relationship of water content to textural characteristics, water activity and thermal conductivity of some commercial sausages. J. Food Sci., **52**, 1987, 901.

TEXTURAL CHARACTERISTICS OF COMMINUTED SCALDED SAUSAGES MANUFACTURED WITH VARYING LEVELS OF PROTEIN, FAT AND HYDROCOLLOIDS

S u m m a r y

The object of the present work was to assess the effects of hydrocolloids addition and varying levels of fat and protein on textural characteristics of comminuted scalded sausages. Increase in protein and hydrocolloids content leads to higher values of majority analysed textural parameters. Fat reduction below 20% resulted in a significant worsening of final products texture. Because of detrimental effect on textural characteristics of sausages it is not recommended to use hydrocolloids at levels higher than 0.8%. ❏