

Ryszard Rezler, \*Włodzimierz Dolata, \*Elżbieta Piotrkowska, \*Michał Piątek, Hanna Maria Baranowska

Katedra Fizyki, \*Instytut Technologii Mięsa,  
Akademia Rolnicza im. A.Cieszkowskiego w Poznaniu,

## **ROLA FAZY HYDROKOLOIDALNO-TUSZCZOWEJ W KSZTAŁTOWANIU WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNYCH FARSZÓW WĘDLIN DROBNO ROZDROBNIONYCH O OBNIŻONEJ ZAWARTOŚCI TŁUSZCZU**

### **Streszczenie**

Wykorzystując metodę DMTA, w pracy określono wpływ wymiany tłuszczu błonnikiem łubinu ID84 własności mechaniczno-reologiczne farszy kielbas drobno rozdrobnionych podczas obróbki termicznej. Stwierdzono, że w temperaturze pokojowej faza stała tłuszczu ma decydujące znaczenie w kształtowaniu właściwości reologicznych farszy kontrolnego jak i układów z wymienionym tłuszczem na błonnik łubinu. Wywołane wzrostem temperatury zmiany w obrębie fazy ciągłej, farszy mięsnych na początkowym etapie prowadzą do rozplynniania tłuszczów i uwalniania dyspergowanej w tłuszczach wody, co wywołuje wzrost płynności układu. Wymiana tłuszczu na błonnik łubinu na poziomie wyższym niż 15% prowadzi do wcześniejszej i bardziej efektywnej strukturalizacji farszów, co w efekcie poprawia jego właściwości sprężyste. W całym przedziale wartości wymiany tłuszczu błonnikiem wyroby finalne charakteryzują się większą plastycznością w porównaniu do produktu niemodyfikowanego.

**Słowa kluczowe:** błonnik łubinu, farsz mięsny, dynamiczno-mechaniczna analiza termiczna (DMTA)

### **Wprowadzenie**

Nadmierne spożycie tłuszczu niesie za sobą ryzyko otyłości, miażdżycy, choroby wieńcowej, cukrzycy, niektórych chorób nowotworowych. Propagowane przez żywieniowców, a motywowane względami zdrowotnymi, dążenie do obniżania spożycia tłuszczu, znajduje wyraz w wielu pracach poświęconych opracowywaniu produktów żywnościowych o ograniczonej kaloryczności, w tym przetworów mięsnych niskotłuszczowych. Wyroby mięsne o zmniejszonej wartości energetycznej można otrzymać między innymi poprzez obniżenie zawartości tłuszczu w produktach tradycyjnych lub zastosowanie substytutów tłuszczu o mniejszej kaloryczności [Backers T., Noll B. 1998; Colmenero J.F. 2000].

Coraz częściej stosowane są różnego rodzaju substancje pochodzenia naturalnego lub syntetycznego, zwane hydrokoloidami lub dodatkami strukturotwórczymi. W większości przypadków występują one jako komponenty modyfikujące strukturę i teksturę produktów żywnościowych poprzez zagęszczanie, żelowanie, emulgowanie [Claeys E., Uytterhaegen L., Buts B., Demeyer D. 1995; Hey Y., Sebranek J.G. 1996].

Całkowite wyeliminowanie tłuszczu ze składu recepturowego wyrobów mięsnych nie jest możliwe. Surowce tłuszczowe, bowiem wspólnie z białkami i wodą są głównym komponentem produktów mięsnych. Tłuszcz kształtuje reologiczne właściwości farszu, teksturę gotowego produktu, a także jego smakowitość i soczystość [Dolata W., Krzywdzińska M., Piotrowska E. 2000; Yetim H., Muller W.D., Eber M. 2001], ma również istotny wpływ na stabilność emulsji w wędlinach drobno rozdrobnionych [Berry B.W., Leddy K.F. 1984].

Z punktu widzenia technologii żywności własności mechaniczno-reologiczne w określony sposób wiążą się z teksturą produktów spożywczych [Szczesniak A.S. 1971; Bourne M.C.J. 1982]. Jednakże ściśle ilościowe związki pomiędzy strukturą molekularną i nadmolekularną oraz strukturą układu komórkowego, a makroskopowymi własnościami mechanicznymi produktów żywnościowych dotychczas nie są w pełni określone. Jak wynika z dokonanego przeglądu prac, coraz więcej uwagi poświęca się badaniu związków pomiędzy strukturą

---

materiałów uzyskanych na bazie mięsa i różnych dodatków funkcjonalnych oraz ich stanem uwarunkowanym wilgotnością, temperaturą a właściwościami fizycznymi produktów żywnościowych [Brondum J., Munck L., Henckel P., Karlsson A., Tornberg E., Engelsen J. 2000, Hanne C.B.; Henrik J.; Anders H. 2001]. Jest to odzwierciedleniem faktu, że surowce w trakcie ich przetwarzania są poddawane obróbce hydrotermicznej i mechanicznej, co prowadzi do istotnych zmian strukturalnych na różnych szczeblach organizacji molekularnej. Mimo coraz powszechniej stosowanych technik reometrycznych [Kerr W.L., Li R., Toledo R.T. 2000], niewiele jest prac poświęconych związkom między zmianami w strukturze molekularnej, a wielkościami opisującymi makroskopowe właściwości polidispersyjnych materiałów o złożonej strukturze wewnętrznej jaką stanowią produkty zawierające mięso.

### **Cel i zakres pracy**

Praca dążyła do określenie wpływu wymiany tłuszczu błonnikiem łubinu ID84 na formowanie struktury nadmolekularnej farszów oraz określenia wpływu zmian tej struktury na własności mechaniczno-reologiczne badanych produktów na przykładzie farszy kiełbas drobno rozdrobnionych podczas obróbki termicznej.

### **Materiały i metody.**

Materiał badawczy stanowiły farsze wędlin drobno rozdrobnionych, wyprodukowanych z mięsa wieprzowego klasy III (48,71%), tłuszczu drobnego wieprzowego (20,88%), wody (27,83%) oraz dodatków (mieszanina peklująca, sól kuchenna, przyprawy i askorbinian sodu) (2,48%). Zastosowanym zamiennikiem tłuszczu był błonnik łubinu ID 84 wyprodukowany przez ID FOOD IDIRC [Materiały informacyjne 2000] zawierający 88% włókna pokarmowego oraz białko, tłuszcz i składniki mineralne. W farszach o obniżonej zawartości tłuszczu wymieniano odpowiednio 10%, 15% i 20% (warianty: 1, 2, 3) dodawanego tłuszczu taką samą ilością 20% zawiesiny błonnika. Wariant 0 (kontrolny) doświadczenia stanowił farsz bez dodatku błonnika.

Badania, zmian właściwości reologicznych farszów w funkcji temperatury przeprowadzono metodą DMA za pomocą, relaksometru mechanicznego opisanego w pracy [Rezler R., Poliszko S. 2001]. W pomiarach wyznaczano wartości składowych zespolonego modułu sztywności:  $G_1$  i  $G_2$  oraz  $\tan \delta$  w przedziale temperatur od 20°C do 85°C. Częstość drgań własnych układu wynosiła 0.364[Hz]. Odczytów dokonywano po upływie 20 minut od osiągnięcia przez układ zadanej temperatury.

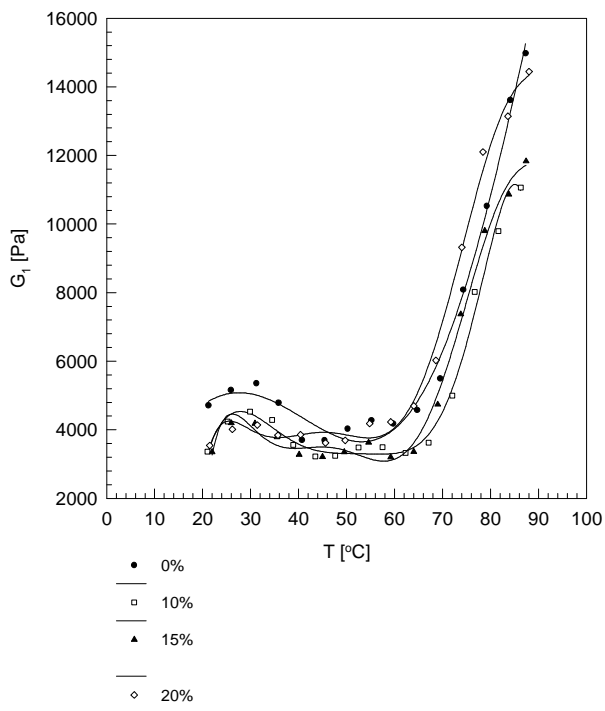
Wyznaczono składowe zespolonego modułu sztywności i tangens kąta strat, które są podstawowymi parametrami określanymi w badaniach techniką DMA. Temperaturowe zmiany tych wartości są odzwierciedleniem zmian zachodzących w strukturze molekularnej badanego materiału. Przy tym,  $G_1$  jest związana z tą częścią potencjalnej energii odkształceń, która jest zachowywana w trakcie periodycznych deformacji,  $G_2$  nosi nazwę modułu strat i jest związane z częścią energii ulegającej dyssypacji w postaci ciepła, zaś  $\tan \delta$  tangens kąta strat jest miarą tarcia wewnętrznego i określa względną ilość energii rozpraszanej w materiale do energii akumulowanej w ciągu jednego cyklu odkształceń.

Przedstawione wyniki badań są reprezentatywne dla trzech powtórzeń.

### **Wyniki i ich dyskusja**

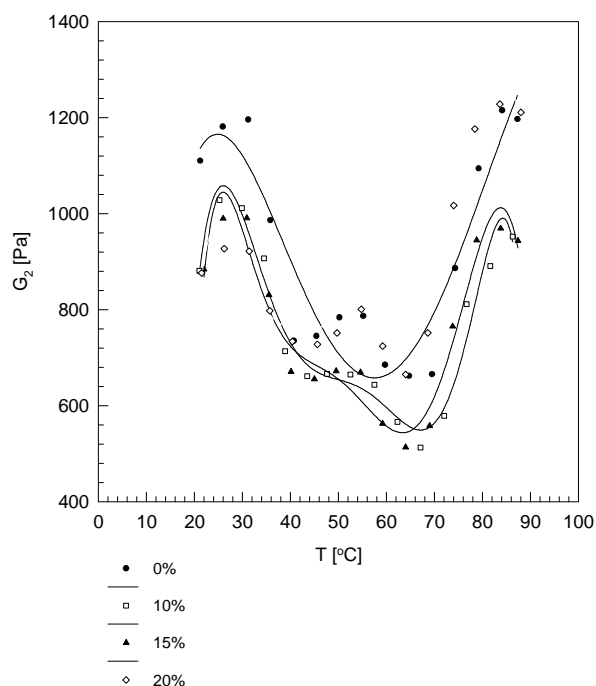
We wszystkich badanych farszach mięsnych przebiegi temperaturowych zmian podstawowych parametrów reologicznych określanych techniką DMTA są bardzo podobne do siebie pod względem charakteru zmian. Ma to również miejsce w farszach, w których tłuszcz wymieniono błonnikiem łubinu [Rezler R., Poliszko S., Dolata W., Piotrowska E. 2002; 2003].

Na rysunku pierwszym (Rys.1) i drugim (Rys.2) są przedstawione temperaturowe zależności modułu sztywności ( $G_1$ ) i modułu strat ( $G_2$ ) badanych farszów mięsnych kontrolnego i z wymienionym tłuszczem na błonnik łubinu.



Rys.1. Temperaturowe zależności składowej rzeczywistej ( $G_1$ ) modułu sztywności dla czterech wariantów badanych próbek (legenda)

Fig.1. Temperature dependence of the real component of the elasticity modulus ( $G_1$ ) for the four variants of samples studied (legend)



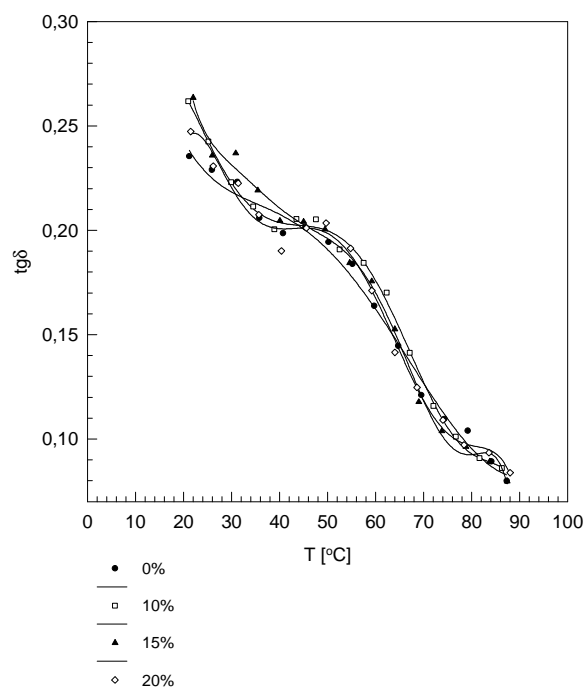
Rys.2. Temperaturowe zależności składowej urojonej ( $G_2$ ) modułu sztywności dla czterech wariantów badanych próbek (legenda)

Fig.2. Temperature dependence of the imaginary component of the elasticity modulus ( $G_2$ ) of the four variants of samples studied (legend)

Przebiegi temperaturowych zmian wartości modułów, wykazują różną intensywność oraz charakter zmian. Każdy z tych obszarów (pierwszy od 20 do około 40°C, drugi od 40 do 65°C i trzeci powyżej 65°C) związany jest z innymi zmianami molekularnymi zachodzącymi w farszu pod wpływem temperatury.

W przedziale temperatur od 20 do około 40°C zaobserwować można wyraźną dyspersję wartości modułu sztywności ( $G_1$ ). Ma to miejsce zarówno w układzie kontrolnym jak i w układach z wymienionym tłuszczem na błonnik łąbinu. Dalszy wzrost temperatury powoduje już niewielkie zmiany wartości wspomnianych modułów. Dopiero wzrost temperatury od około 60°C do 85°C przyczynia się do gwałtownego wzrostu ich wartości.

Odpowiednio do temperaturowych zmian wartości składowych modułów sztywności przeanalizowano zmiany temperaturowych przebiegów wartości tangensa kąta strat  $\tan \delta$  (Rys.3).



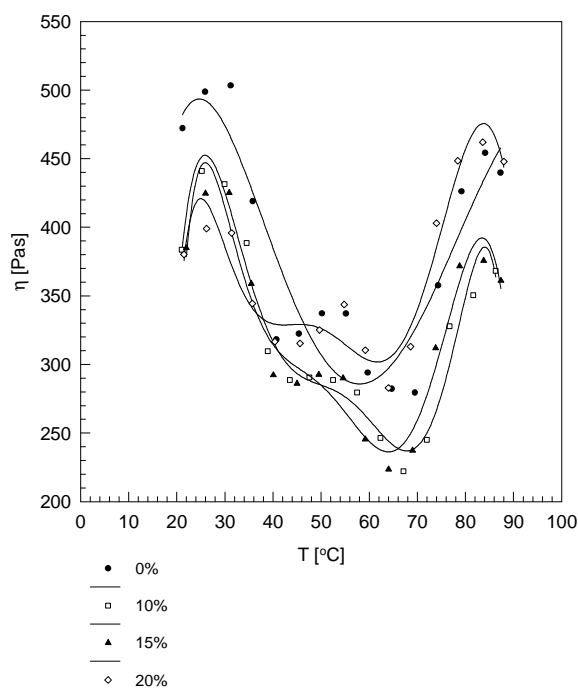
Rys.3. Temperaturowe zależności tangensa kąta strat dla czterech wariantów badanych próbek (legenda)

Fig.3. Temperature dependence of the loss tangent for the four variants of samples studied (legend)

W całym przedziale badanych temperatur można zaobserwować tendencję spadkową wartości  $tg\delta$  świadcząca o zmniejszaniu się względnej zdolności do rozproszenia energii mechanicznej. Wymiana tłuszczu na błonnik łubinu prowadzi jedynie do zróżnicowania dekrementu jak i poziomu wartości tych zmian, szczególnie uwidacznia się to w układach, w których tłuszcz wymieniono błonnikiem łubinu w ilości powyżej 10%.

Tłuszcz stanowiący poza wodą, główny składnik fazy ciągłej badanych farszów w temperaturze 20°C jest w stanie stałym. W temperaturze pokojowej o wysokiej wartości modułu sztywności dla farszu kontrolnego jak i układów z wymienionym tłuszczem na błonnik (około 4200 Pa) decyduje faza stała tłuszczu. Obserwowany szybki spadek wartości  $G_1$  i  $G_2$  w początkowym przedziale zmian temperatur (20-40°C), (Rys.1 i Rys.2) jest związany z przejściem fazowym tłuszczu.

Rozpływanie tłuszczu poza bezpośrednim zwiększeniem płynności fazy ciągłej farszów sprzyja również uwolnieniu dotychczas uwięzionej wody, co dodatkowo zwiększa płynność układu w analizowanym przedziale temperatur (20-40°C) i prowadzi do istotnych zmian wartości lepkości dynamicznej (Rys.4).



Rys.4. Temperaturowe zależności lepkości dynamicznej dla czterech wariantów badanych próbek (legenda)

Fig.4. Temperature dependencies of the dynamic viscosity for the four variants of samples studied (legend)

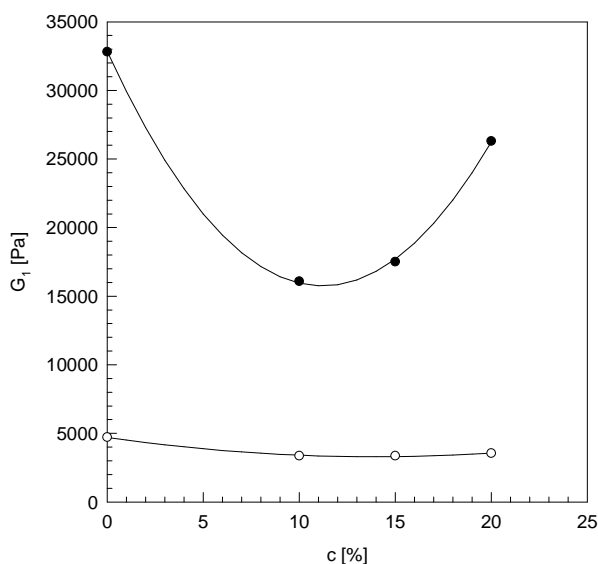
Stopiony tłuszcz oraz uwolniona woda wraz białkami, głównie miofibrylarnymi oraz w niewielkim stopniu globularnymi zawartymi w mięsie powodują powstanie hydrokoloidalnej fazy ciągłej. Fazę rozproszoną stanowią natomiast skondensowane składniki farszu.

W przedziale temperatur 40-65°C, faza hydrokoloidalna praktycznie w niewielkim stopniu określa właściwości sprężyste badanych farszów, odnosi się to zarówno do farszu kontrolnego jak i układów z wymienionym tłuszczem na błonnik, a o reakcji sprężystej na poziomie około 3800 Pa decydują opory mięsnych składników farszu, błonnik praktycznie nie bierze w niej udziału. W analizowanym przedziale temperatur wymiana tłuszczu na błonnik łubinu prowadzi do zarówno spadku strat energii (Rys.2) jak i wartości lepkości dynamicznej (Ryc.4). Zaobserwować można spadek wartości lepkości do poziomu 15% wymiany tłuszczu błonnikiem łubinu. Dopiero wymiana na poziomie 20% przyczynia się do względnie większego, w odniesieniu do farszu kontrolnego, wzrostu wartości lepkości dynamicznej.

W przedziale temperatur około 50-60°C [Boyer C., Joandel S., Roussilhes V., Culioli J., Ouali A. 1996; Hey Y., Sebranek J.G. 1996] lokalizuje się procesy związane z denaturacją białkowych składników farszu. Znajduje to swoje odzwierciedlenie na krzywej zależności temperaturowej tangensa kąta strat (Rys.3).

Opisane procesy powodują, że łańcuchy polipeptydowe białek ulegają rozwinięciu. Taka zmiana konformacji sprzyja strukturalizacji fazy hydrokoloidalnej, jak również asocjacji wody zaabsorbowanej przez składniki błonnika, która może wiązać się z dotychczas niedostępnymi grupami hydrofilowymi łańcuchów polipeptydowych. Błonnik łubinu charakteryzuje około 160% zdolnością do retencji tłuszczu [Materiały informacyjne 2000]. Powoduje to zmniejszenie zawartości upłynnionego tłuszczu w ciągłej fazie hydrokoloidalno-tłuszczowej. Prowadzi to do spadku efektywnej „koncentracji” białka odpowiedzialnego za formowanie usieciowanych przestrzennych matryc utrzymujących emulsję wodno-

tłuszczową. Utworzone, przy mniejszym udziale białka, żelowane agregaty, charakteryzują się luźniejszą, mniej zwartą strukturą czego rezultatem jest mniejsza sprężystość układów z tłuszczem wymienionym na błonnik łubinu. Wprawdzie błonnik stanowiąc elementy sieci przestrzennej prowadzi do wzrostu jej gęstości jednakże nie jest w stanie skompensować „ubytku białka”, które w istotny sposób kształtuje reakcję sprężystą farszu. Znajduje to swoje odbicie w spadku wartości modułu sztywności (Rys.1). Dopiero wzrost zawartości błonnika powyżej 15% powoduje zwiększenie wartości modułu sztywności. Przy równocześnie obserwowanym wzroście wartości lepkości (Rys.4). Związane jest to prawdopodobnie ze strukturalizacją samego błonnika, w którym zaczynają dominować oddziaływania błonnik-błonnik nad błonnik-białko i błonnik-tłuszcz. Prowadzi to do uwolnienia dotychczas zaabsorbowanej przez niego wody i wiązanie jej z dotychczas nie wysyconymi grupami hydrofilowymi łańcuchów polipeptydowych. W efekcie prowadzi to do intensywniejszych zmian konformacyjnych w obrębie łańcuchów polipeptydowych, wzrostu gęstości sieci białkowej a tym samym wcześniejszą strukturalizację farszu. Przejawia się to większym inkrementem wzrostu modułu sztywności badanych układów powyżej temperatury denaturacji, składników białkowych farszu (powyżej 65°C), (Rys.1). Szczególnie jest to widoczne w farszu z wymienionym tłuszczem na błonnik w wysokości 20%.



Rys.5. Zależności składowej rzeczywistej ( $G_1$ ) modułu sztywności modelowych farszów mięsnych poddanych obróbce termicznej (pełne punkty) i farszów surowych (puste punkty) w funkcji stopnia wymiany tłuszczu błonnikiem łubinu w 20°C

Fig.5. The temperature dependence of the real component ( $G_1$ ) of the elasticity modulus of the model meat batters (after thermal treatment and native) as a function of the proportion of fat replaced by lupin cellulose (empty boxes – native state, full boxes – after thermal treatment) at 20°C

Porównanie wartości modułu sztywności produktu finalnego ochłodzonego do temperatury pokojowej z farszem, który nie był poddany obróbce termicznej (Rys.5) pozwala stwierdzić wielokrotny wzrost jego wartości a tym samym taki sam wzrost sprężystości. Największy, bo prawie pięciokrotny wzrost sprężystości ma miejsce w produkcie z wymienionym tłuszczem na uwodniony błonnik na poziomie 20%. W całym przedziale wartości wymiany tłuszczu błonnikiem wyroby finalne charakteryzują się większą plastycznością w porównaniu do produktu niemodyfikowanego.

---

## Wnioski

1. Wywołane wzrostem temperatury zmiany w obrębie fazy ciągłej, farszów mięsnych na początkowym etapie prowadzą do rozplynniania tłuszczów i uwalniania dyspergowanej w tłuszczach wody, co wywołuje wzrost płynności układu.
2. Błonnik nie wykazuje właściwości o charakterze sprężystym, tym samym nie kształtuje właściwości sprężystych farszów, stanowi czynnik dyssypacyjny.
3. Wymiana tłuszczu na błonnik łubinu na poziomie wyższym niż 15% prowadzi do wcześniejszej i bardziej efektywnej strukturalizacji farszów, co w efekcie poprawia jego właściwości sprężyste.
4. Zachodzące w wyższych temperaturach (powyżej 65°C) procesy strukturalizacji (żelowania) uprzednio zdenaturowanych składników białkowych, przejawiają się głównie wzrostem wartości  $G_1$  i spadkiem  $tg\delta$ , co świadczy o zwiększającej się sprężystości i malejącej plastyczności farszów poddanych obróbce termicznej.
5. W całym przedziale wartości wymiany tłuszczu błonnikiem wyroby finalne charakteryzują się większą plastycznością w porównaniu do produktu niemodyfikowanego.

## Bibliografia

- Backers T., Noll B. 1998: Balaststoffe halten Einzug in der Fleischverarbeitung. *Fleischwirtschaft*, 78, 4, 316-320,
- Berry B.W., Leddy K.F. 1984: Effect of fat level and cooking methods on sensory and textural properties of ground beef patties. *J. Food Sci.*, 49, 870-875,
- Bourne M.C.J. 1982: Food Texture and Rheology. *Food Sci.*, 47, 2, 440-444,
- Boyer C., Joandel S., Roussilhes V., Culioli J., Ouali A. 1996: Heat-induced gelation of myofibrillar proteins and myosin from fast- and slow-twitch rabbit muscles. *J. Food Sci.*, 61, 6, 1138-1142,
- Brondum J., Munck L., Henckel P., Karlsson A., Tornberg E., Engelsen J. 2000: Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat with comparative spectroscopy. *Meat Sci.*, 55, 177-185,
- Claeys E., Uytterhaegen L., Buts B., Demeyer D. 1995: Quantification of beef myofibrillar proteins by SDS-PAGE. *Meat Sci.*, 39, 177-193,
- Colmenero J.F. 2000: Relevant factors In strategies for FAT reduction In meat products. *Trends In Food Science and Technology* 11, 56-66,
- Dolata W., Krzywdzińska M., Piotrowska E. 2000: The effect of added water on the quality and structure of batter. *Properties of Water in Food*. Agr. Univ. Press, Warsaw, 184-197,
- Hanne C.B.; Henrik J.; Anders H. 2001: Comparative study of low-field NMR relaxation measurements and two traditional methods in the determination of water holding capacity of pork. *Meat Sci.*, 57, 125-132,



Hey Y., Sebranek J.G. 1996: Functional protein components in lean finely textured tissue from beef and pork. *J. Food Sci.*, 61, 1155-1159,

Kerr W.L., Li R., Toledo R.T. 2000: Dynamic mechanical analysis of marinated chicken breast meat. *J. Texture Studies*, 31, 421-436,

Materiały informacyjne ID FOOD IDIRC, 2000,

Rezler R., Poliszko S. 2001: Dynamic mechanical analysis and thermal analysis of the hydrocolloid phase in model meat batters. I. The effect of temperature on rheological properties of model batters. *Properties of Water in Food*. Agr. Univ. Press, Warsaw, 184-193,

Rezler R., Poliszko S., Dolata W., Piotrowska E. 2002: Dynamic –mechanical and thermal analysis of the hydrocoloidal phase in model meat blends with addition of wheat fibre. *Acta Agrophysica*, 77, 117-125,

Rezler R., Poliszko S., Dolata W., Piotrowska E. 2003: Dynamic –mechanical and thermal analysis of the hydrocoloidal phase in model meat emulsions with the addition of pea cellulose. *Acta Agrophysica*, 2(2), 417-424,

Szczesniak A.S. 1971: Consumer awareness of texture and of other food attributes. *J. Texture Stud.*, 2, 196-202,

Yetim H., Muller W.D., Eber M. 2001: Using fluid whey In comminuted meat products: effects on technological, chemical and sensory properties of frankfurter-type sausages. *Food Research International* 34, 97-101.

## **ROLE OF HYDROCOLLOIDAL-FATTY PHASE IN SHAPING RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FINE MINCED CURED MEAT STUFFINGS WITH REDUCED FAT CONTENT**

### **Summary**

The effect of replacing fat with ID84 lupine cellulose on mechanical-rheological features of fine minced sausage stuffings during thermal processing were investigated with the use of DMTA (dynamic-mechanical thermal analysis) method. It was found that at room temperature the solid phase of fat significantly affected rheological features control stuffings as well as the stuffings where fat was replaced by lupine cellulose. The changes in solid phase of meat stuffings caused by the temperature rise lead at initial stage to fluidity of fats and release of the water dispersed in fats, thus the system fluidity increases. Replacing of the fat by lupine cellulose on the level exceeding 15% results in earlier and more effective arising of the stuffing texture and consequently improves its elastic properties. Within the whole quantitative range of replacing fat by cellulose the final products are characterized by higher plasticity as compared to unmodified product.

**Key words:** meat stuffing, lupine cellulose, dynamic-mechanical thermal analysis.

Recenzent – Zbigniew Dolatowski