

HANNA M. BARANOWSKA, RYSZARD REZLER

## DYNAMIKA MOLEKULARNA WODY W EMULSJACH TYPU TŁUSZCZ W WODZIE, EMULGOWANYCH SKROBIĄ ZIEMNIACZANĄ

### Streszczenie

Na poziomie molekularnym analizowano wpływ skrobi ziemniaczanej na proces emulgowania tłuszczu wieprzowego. Materiał badawczy stanowiły emulsje typu tłuszcz w wodzie. Badania prowadzono na próbach zawierających 3 części wody i 1 część tłuszczu. Skrobię dodawano w proporcjach 1 : 1; 0,8 : 1; 0,5 : 1 i 0,4 : 1 w stosunku do zawartości tłuszczu. Analizowano zmiany dynamiki molekularnej wody w tych emulsjach w ciągu 8 h od chwili uzyskania przez układ temperatury pomiaru. Badania prowadzono techniką NMR w niskich polach. Przeprowadzone badania wykazały, że emulsje charakteryzują się dwoma składowymi czasami relaksacji:  $T_1$  i  $T_2$ . Oznacza to, że w układzie są obecne dwie frakcje protonów relaksujące z różnymi szybkościami oraz że pomiędzy tymi frakcjami protonów wymiana chemiczna jest dużo wolniejsza niż czas relaksacji. Długie składowe ( $T_{12}$  i  $T_{22}$ ) odzwierciedlają procesy relaksacyjne frakcji protonów związanych głównie z żelem biopolimerowym. Wartości  $T_{12}$  i  $T_{22}$  wzrastają ze zmniejszaniem zawartości skrobi w układzie, tak jak w żelach bez tłuszczu. Oznacza to, że ta frakcja zawiera dużo tłuszczu. Dodatkowo stwierdzono zdecydowane różnice w dynamice molekularnej wody w układach o małej i dużej zawartości skrobi. Jest to związane z etapami tworzenia struktur lamelarnych tłuszczu oraz z retrogradacją skrobi. Obserwacja czasowych zależności parametrów relaksacyjnych wykazała, że największe zmiany w wiązaniu wody występują w czasie od około 2 do 5 h od chwili przygotowania żelu.

**Słowa kluczowe:** czasy relaksacji, dynamika molekularna, emulsja, niskopolowy NMR, skrobia ziemniaczana

### Wprowadzenie

Skrobia natywna jest biopolimerem często wykorzystywanym do produkcji przetworów mięsnych i dobrym zamiennikiem części tłuszczu w artykułach o obniżonej kaloryczności [5, 8]. Prowadzono wcześniej badania nad wpływem dodatku tłuszczu wieprzowego na właściwości żeli skrobi ziemniaczanej [2]. Na ich podstawie wykaza-

no, że obecność tłuszczu wieprzowego zmienia właściwości mechaniczne i wiązanie wody w takich układach [15].

Magnetyczny rezonans jądrowy w niskich polach jest metodą badania wielu układów biologicznych, w tym składników żywności [13, 14]. Znajduje też zastosowanie w analizie dynamiki molekularnej modelowych układów żeli biopolimerowych [6, 11].

Podjęto badania mające na celu śledzenie zmian dynamiki molekularnej protonów w układach emulsji tłuszczowo-wodnych i analizę wpływu obecności skrobi ziemniaczanej na stabilność takich układów.

### **Material i metody badań**

Materiałem do badań były emulsje typu tłuszcz w wodzie uzyskiwane przez emulgowanie skrobią ziemniaczaną (Trzemeszno Sp. z.o.o). Zastosowano tłuszcz wieprzowy (Morliny, Polska) o znanym składzie kwasów tłuszczowych. Około 47 % zawartości stanowiły łącznie kwas stearynowy i palmitynowy, a 42 % - kwas oleinowy. Badania prowadzono na próbach zawierających 3 części wody (w) i 1 część tłuszczu (f) (m/m). Skrobię (s) do emulsji dodawano w proporcjach: 3 : 1 : 1; 3 : 1 : 0,8; 3 : 1 : 0,5 i 3 : 1 : 0,4. Układ kontrolny stanowił żel skrobiowy przygotowany w proporcjach (w : s m/m): 3 : 1; 3 : 0,8; 3 : 0,5 i 3 : 0,4. Emulsje oraz zawiesiny skrobiowe poddawano obróbce termicznej w stałej temp. 90 °C, w łaźni wodnej przez 1 h w warunkach stałego mieszania za pomocą mieszadła mechanicznego. Wybór wysokiej temperatury przygotowania żeli i emulsji gwarantował, że skrobia ulegnie całkowitemu skleikowaniu, mimo dużego stężenia i dodatku tłuszczu. Tak przygotowane próby umieszczano w próbkach pomiarowych. Przygotowane próbki emulsji lub żeli umieszczano w głowicy pomiarowej spektrometru i tam chłodzono do temperatury pomiarowej.

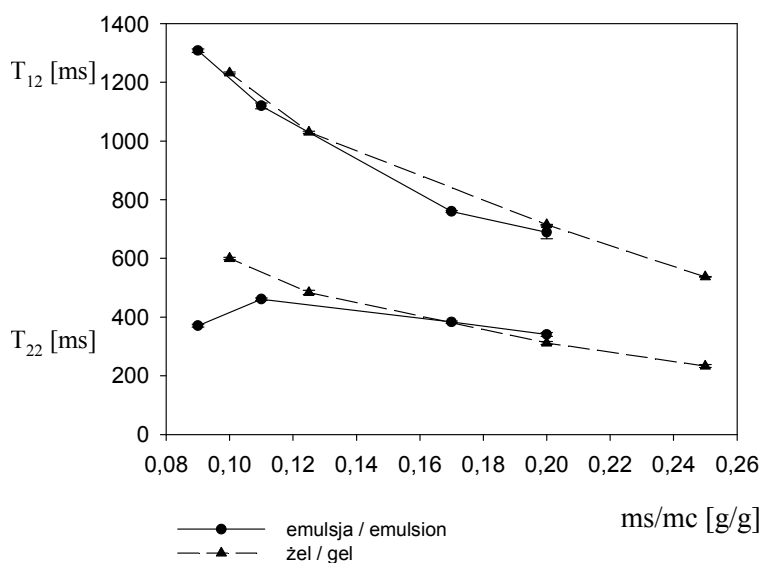
Pomiary czasów relaksacji spin-sieć  $T_1$  i spin-spin  $T_2$  prowadzono przy użyciu impulsowego spektrometru NMR (Ellab, Poznań, Polska) pracującego przy częstotliwości 15 MHz, wyposażonego w integralny układ kontroli temperatury. Do pomiarów  $T_1$  wykorzystano sekwencję odwrócenia i odrostu ( $\pi-\tau-\pi/2$ ) [9]. Odległości między impulsami ( $\tau$ ) zmieniano od 2 do 2000 ms w przypadku prób o największej zawartości skrobi i od 10 do 6800 ms – prób o najmniejszej zawartości skrobi. Każdorazowo generowano 32 sekwencje impulsów i zbierano 119 punktów na każdym sygnale zaniku swobodnej precesji rejestrowanym po impulsie  $\pi/2$ . Czas repetycji pomiędzy kolejnymi sekwencjami impulsów wynosił 15 s. Czasy relaksacji spin-sieć obliczano korzystając z programu CracSpin [19] umożliwiającego obliczenie wieloeksponencjalnego odrostu magnetyzacji. Pomiary  $T_2$  wykonano stosując ciąg impulsów CPMG ( $\pi/2-\tau-\pi$ ) [7, 12]. Odległość pomiędzy echemi spinowymi ( $2\tau$ ) w przypadku prób o największej i najmniejszej zawartości skrobi wynosiła odpowiednio 3 i 6 ms. Zastosowano 5 akumulacji sygnałów ciągu ech spinowych. Obliczeń czasów relaksacji dokonywano, dopasowując zarejestrowane zaniki amplitud ech spinowych do formuły

uwzględniającej wieloeksponencjalny zanik [4, 17]. Pomiary przeprowadzono w temp.  $25,0 \pm 0,5$  °C. Wykonywano je przez 8 h od chwili uzyskania przez układ temperatury pomiarowej.

### Wyniki i dyskusja

Żele skrobiowe charakteryzują się jednym czasem relaksacji spin-sieć  $T_1$  i jednym czasem relaksacji spin-spin  $T_2$  w całym analizowanym przedziale czasowym. Oznacza to szybką wymianę chemiczną pomiędzy molekułami wody hydratującej biopolimer a molekułami wody znajdującej się w przestrzeniach między siecią polimerową [3].

W emulsjach skrobiowo-wodno-tłuszczowych stwierdzono, że czasy relaksacji  $T_1$  i  $T_2$  opisane są dwoma składowymi. Taki wynik wskazuje, że w badanym układzie protony znajdują się we frakcjach, które relaksują z różnymi czasami, dłuższymi niż wartość odpowiedniej składowej czasu relaksacji [10, 16]. Na rys. 1. przedstawiono zależności długich składowych czasów relaksacji w emulsjach i czasów relaksacji w żelach zmierzone po uzyskaniu przez układ temperatury 25 °C.

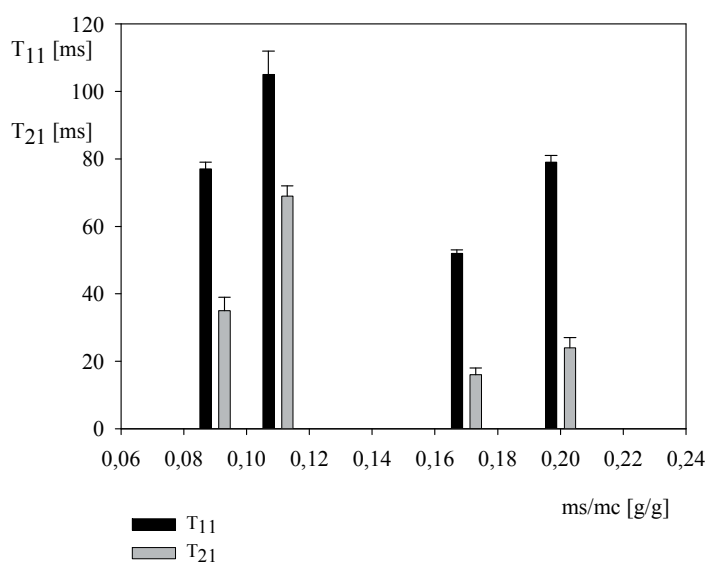


Rys. 1. Zmiany wartości długich składowych czasów relaksacji spin-sieć  $T_{12}$  i spin-spin  $T_{22}$  w emulsjach wodno-tłuszczowych z udziałem skrobi oraz zmiany wartości czasów relaksacji spin-sieć  $T_1$  i spin-spin  $T_2$  w żelach skrobiowych w zależności od zawartości skrobi w układzie.

Fig. 1 Changes in values of long-time components of relaxation times:  $T_{12}$  spin-lattice and  $T_{22}$  spin-spin in water-fat emulsions with starch, and changes in values of relaxation times:  $T_1$  spin-lattice and  $T_2$  spin-spin in starch gels depending on starch content in system.

Wartości  $T_{12}$  i  $T_{22}$  były zbliżone do otrzymanych w odpowiednich próbach kontrolnych. Podobny przebieg charakteryzował badane układy w całym analizowanym przedziale czasowym.

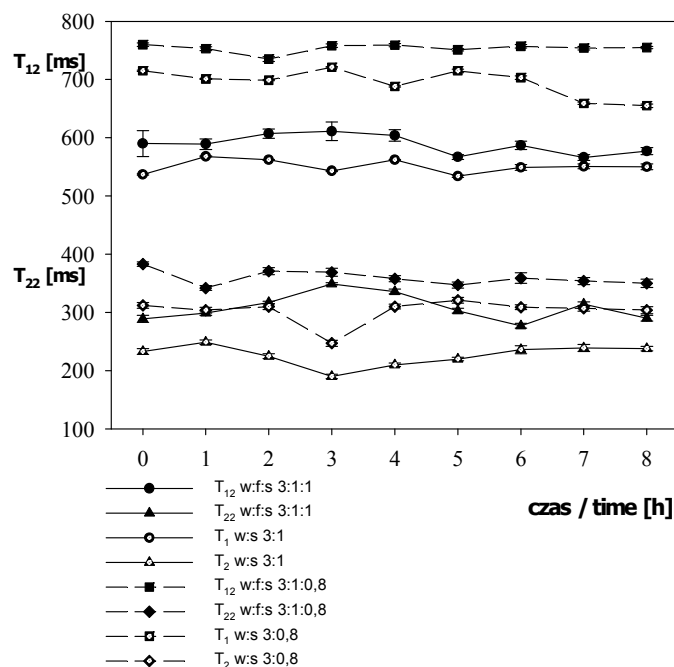
Krótkie składowe czasów relaksacji spin-sieć i spin-spin w emulsjach odzwierciedliły procesy relaksacji molekuł wody we frakcji tłuszczowej emulsji. Wartości tych parametrów wyznaczone po schłodzeniu emulsji do temp. 25 °C przedstawiono na rys. 2. W tej frakcji emulsji wartości składowych czasów relaksacji były około dziesięciokrotnie mniejsze niż wartości długich składowych.



Rys. 2. Zmiany wartości krótkich składowych czasów relaksacji spin-sieć  $T_{11}$  i spin-spin  $T_{21}$  w emulsjach wodno-tłuszczowych z udziałem skrobi w funkcji zawartości skrobi w układzie.

Fig. 2. Changes in values of short-time components of relaxation times:  $T_{11}$  spin-lattice and  $T_{21}$  spin-spin in water-fat emulsions with starch as function of starch content in system.

Metodę niskopolowego NMR zastosowano do analizy czasowych zmian parametrów relaksacyjnych w emulsjach. Badania prowadzono przez 8 h od chwili uzyskania przez układ temperatury pomiarów. Badane emulsje zmieniły swoje właściwości wraz ze zmianą zawartości skrobi (rys. 2). Interpretację czasowych zmian przeprowadzono osobno dla emulsji o dużej (3 : 1 : 1 i 3 : 1 : 0,8) i małej (3 : 1 : 0,5 i 3 : 1 : 0,4) zawartości skrobi w układzie. Na rys. 3. i 4. przedstawiono czasowe zmiany wartości długich składowych czasów relaksacji w emulsjach wodno-tłuszczowych z udziałem skrobi oraz zmiany czasów relaksacji żeli skrobiowych.

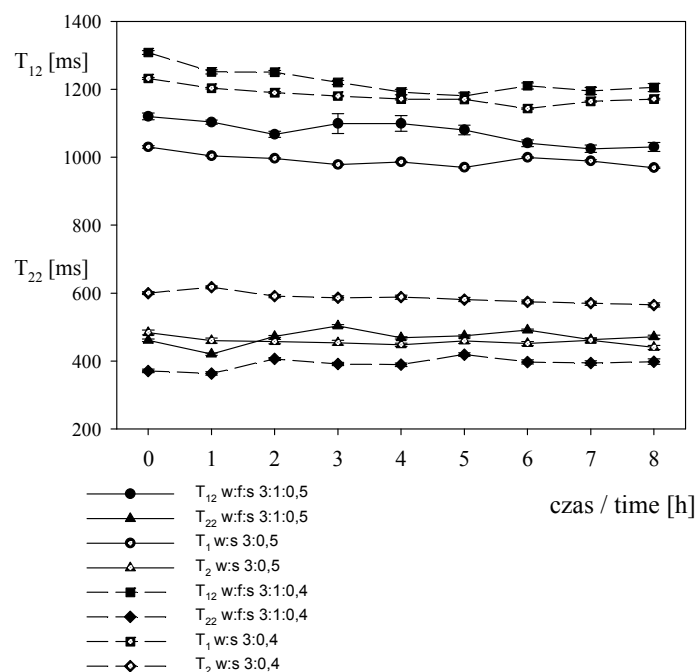


Rys. 3. Czasowe zmiany długich składowych czasów relaksacji spin-sieć  $T_{12}$  i spin-spin  $T_{22}$  w układach zawierających wodę, tłuszcz i skrobię (w : f : s) w proporcjach 3 : 1 : 1 i 3 : 1 : 0,8 oraz czasowe zmiany czasów relaksacji spin-sieć  $T_1$  i spin-spin  $T_2$  w żelach skrobiowych zawierających wodę i skrobię (w : s) w proporcjach 3 : 1 i 3 : 0,8.

Fig. 3. Time-related changes of long-time components of relaxation times:  $T_{12}$  spin-lattice and  $T_{22}$  spin-spin in systems containing water, fat, and starch (w:f:s) in proportions of 3 : 1 : 1 and 3 : 1 : 0.8, as well as time-related variations of  $T_1$  spin-lattice and  $T_2$  spin-spin in starch gels containing water (w : s) in proportions of 3 : 1 and 3 : 0.8.

Przy dużych zawartościach skrobi (rys. 3) czasy relaksacji były dłuższe w emulsjach w porównaniu z żelami skrobiowymi. Zmiany wartości czasów relaksacji odzwierciedlające zmiany wiązania wody w układzie obserwuje się w ciągu od 2 do 5 h od chwili uzyskania temperatury pomiaru. W obu układach po 3 h od przygotowania żelu skrobiowego obserwowano obniżenie wartości czasów relaksacji.

W emulsjach i żelach skrobiowych o małej zawartości skrobi (rys. 4) obserwowano zmiany wartości czasów relaksacji sugerujące zmiany ilości wody wolnej w stosunku do związanej. Zmiany te stwierdzono w ciągu od 2 do 5 h po osiągnięciu przez układ stanu równowagi termicznej. Przy małej zawartości skrobi zarówno żele, jak i emulsje charakteryzowały się obniżeniem wartości czasów w ciągu do 8 h od chwili uzyskania temp. 25 °C. Takiej wyraźnej zmiany nie znaleziono w układach o dużej zawartości skrobi.

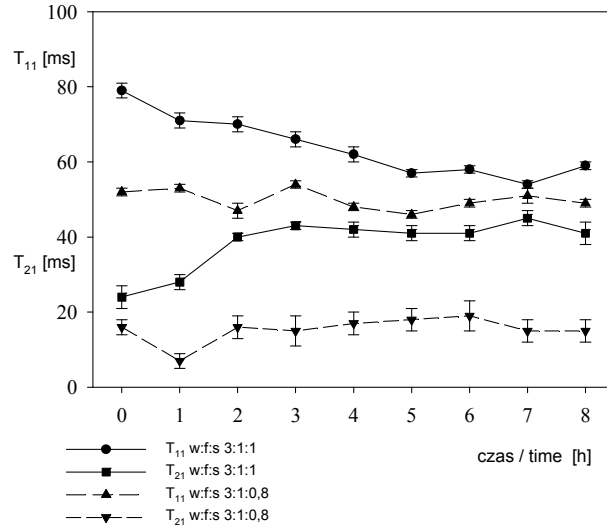


Rys. 4. Czasowe zmiany długich składowych czasów relaksacji spin-sieć  $T_{12}$  i spin-spin  $T_{22}$  w układach zawierających wodę, tłuszcz i skrobię (w : f : s) w proporcjach 3 : 1 : 0,5 i 3 : 1 : 0,4 oraz czasowe zmiany czasów relaksacji spin-sieć  $T_1$  i spin-spin  $T_2$  w żelach skrobiowych zawierających wodę i skrobię (w : s) w proporcjach 3 : 0,5 i 3 : 0,4.

Fig. 4. Time-related changes of long-time components of relaxation times:  $T_{12}$  spin-lattice and  $T_{22}$  spin-spin in systems containing water, fat, and starch (w : f : s) in proportions of 3 : 1 : 0.5 and 3 : 1 : 0.4 and time-related variations of relaxation times:  $T_1$  spin-lattice and  $T_2$  spin-spin in starch gels containing water (w : s) in proportions of 3 : 0.5, and 3 : 0.4.

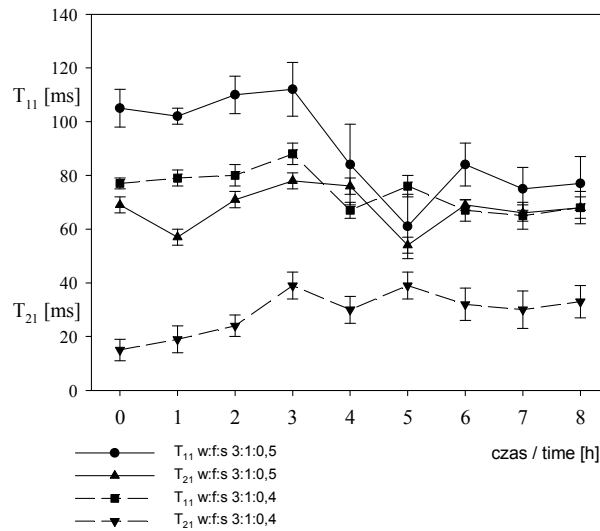
Czasowe zmiany krótkich składowych czasów relaksacji we frakcjach tłuszczowych badanych układów przedstawiono na rys. 5. i 6.

W emulsjach o największej zawartości skrobi obserwowano obniżanie wartości składowej czasów relaksacji spin-sieć przy jednoczesnym wzroście wartości składowej czasów relaksacji spin-spin. Oznacza to, że w czasie maleje ilość wody wolnej w stosunku do wody związanej. Jednak z czasem wzrasta mobilność molekuł wody. Przy zmniejszeniu zawartości skrobi w emulsji krótkie składowe czasów relaksacji wykazują zmiany wartości w ciągu do około 5 h od chwili uzyskania temperatury pomiarowej. Potem układ jest stabilny pod względem wiązania wody.



Rys. 5. Czasowe zmiany krótkich składowych czasów relaksacji spin-sieć  $T_{12}$  i spin-spin  $T_{22}$  w układach zawierających wodę, tłuszcz i skrobię (w : f : s) w proporcjach 3 : 1 : 1 i 3 : 1 : 0,8.

Fig. 5. Time-related changes in short-time components of relaxation times:  $T_{12}$  spin-lattice and  $T_{22}$  spin-spin in systems containing water, fat, and starch (w : f : s) in proportions of 3 : 1 : 1, and 3 : 1 : 0.8.



Rys. 6. Czasowe zmiany krótkich składowych czasów relaksacji spin-sieć  $T_{11}$  i spin-spin  $T_{21}$  w układach zawierających wodę, tłuszcz i skrobię (w : f : s) w proporcjach 3 : 1 : 0,5 i 3 : 1 : 0,4.

Fig. 6. Time-related changes in short-time components of relaxation times:  $T_{12}$  spin-lattice and  $T_{22}$  spin-spin in systems containing water, fat, and starch (w : f : s) in proportions of 3 : 1 : 0.5 and 3 : 1 : 0.4.

Obecne w emulsjach dwie frakcje protonów pod względem makroskopowym odpowiadały frakcji żelu skrobiowego oraz frakcji tłuszczowej. Długie składowe czasów relaksacji opisały relaksację w żelu skrobiowym, jednak przy małych zawartościach skrobi wartości  $T_{22}$  były zdecydowanie mniejsze niż w żelu (rys. 1). Należy zatem wnioskować, że w tej frakcji znajdowała się nieznaczna ilość tłuszczu, który modyfikował relaksację w układzie. Takie same wyniki uzyskano z badań relaksacyjnych żeli skrobiowo-tłuszczowych o małej zawartości tłuszczu i dużej zawartości skrobi [1]. Podczas ochładzania układu zestalenie tłuszczu powoduje tworzenie fazy lamelarnej, w której są zamknięte molekuly wody, tworząc uporządkowaną strukturę. Relaksacja spin-spin odbywa się w krótkim czasie, co oznacza uporządkowanie struktury wody między łańcuchami kwasów tłuszczowych. Przy dużych stężeniach skrobi w układzie ten efekt przestał znacząco wpływać na całkowity czas relaksacji, ponieważ zawartość tłuszczu była mała w porównaniu z zawartością skrobi. Relaksacja spin-sieć opisuje oddziaływanie spinów z otoczeniem. Zatem za czasy relaksacji  $T_{12}$  odpowiadały głównie protony wody zawartej w sieci biopolimerowej.

Znaczne skrócenie wartości krótkich składowych związanych z frakcją tłuszczową (rys. 2) oznacza, że parametry relaksacyjne określają dynamikę molekularną protonów w układzie zawierającym głównie tłuszcz emulgowany skrobią. W zależności od udziału skrobi w emulsji rozróżnić można dwa obszary zmienności. W układach o niskim stężeniu skrobi obserwowano większe wartości krótkich składowych czasów relaksacji niż w tych o mniejszej zawartości biopolimeru. Obniżenie wartości  $T_{11}$  i  $T_{21}$  oznacza wzrost uporządkowania układu frakcji tłuszczowej emulsji.

Analiza wyników pomiarów czasowych zmian parametrów relaksacyjnych związanych z frakcją skrobiową wykazała, że w porównaniu z żelami skrobiowymi emulsje charakteryzowały się dłuższymi czasami relaksacji. Wydłużenie czasu spin-sieć oznaczało wzrost ilości wody wolnej w stosunku do wody związanej w układzie. Tłuszcz wiązał się w miejscach sorpcji z biopolimerem i usuwał wodę. Emulsje były bardziej stabilne czasowo niż żele skrobiowe. W czasie tworzenia sieci polimerowej molekuly wody były chwilowo zamknięte w węzłach sieci. Wzrost wartości czasów relaksacji po tym czasie oznaczał usunięcie molekul wody z węzłów. W emulsjach w całym badanym przedziale czasu zmiany wartości czasów relaksacji były bardzo niewielkie. Świadczy to o stabilności układu z uwagi na wiązanie wody w żelu.

O właściwościach dynamicznych wody we frakcji emulsji zawierającej głównie tłuszcz świadczyły wartości krótkich składowych czasów relaksacji (rys. 5 i 6). Rozpatrywana frakcja zawierała głównie tłuszcz, który w trakcie ochładzania przechodził ze stanu ciekłego w stały. W trakcie tego procesu następowało usztywnienie łańcuchów kwasów tłuszczowych. W obecności skrobi i wody tworzyły się układy lamelarne o strukturze żelu.



Układy o małych zawartościach skrobi charakteryzowały się zmianami dynamiki molekularnej przejawiające się zmianami wartości krótkich składowych obu czasów relaksacji. Miało to związek z formowaniem się struktur ciała stałych frakcji tłuszczowej. Pod wpływem niewielkiej ilości żelu skrobiowego łańcuchy tłuszczowe zestawiają się w konfiguracji  $\alpha$ -krystalicznej [18]. Po czasie tworzą zaś strukturę żelową z udziałem wody.

### Wnioski

1. Udział natywnej skrobi ziemniaczanej w emulsji typu tłuszcz w wodzie utworzonej z tłuszczu wieprzowego powodował powstanie dwóch frakcji żelu skrobiowego i żelu tłuszczowego.
2. Obie frakcje były obserwowane jedynie na poziomie molekularnym. Makroskopowo nie obserwowano rozdzielania faz w ciągu do 8 h od chwili osiągnięcia przez układ równowagi termicznej z otoczeniem.
3. Analiza zmian dynamiki molekuł zawierających protony pozwalała rejestrować zmiany wiązania wody w żelu. Stwierdzono, że frakcja żelu skrobiowego zawierała znikome ilości tłuszczu, frakcja żelu tłuszczowego zawierała fazy lamelarne.
4. Przy dużych zawartościach skrobi czasowe zmiany wiązania wody we frakcji żelu skrobiowego występowały w ciągu od 2 do 5 h od chwili uformowania struktury.
5. Przy małych zawartościach skrobi frakcja żelu skrobiowego była stabilna w czasie. Zmiany czasowe obserwowano we frakcji żelu tłuszczowego w ciągu od 2 do 5 h od chwili uformowania struktury.
6. Uzyskane wyniki wskazują, że skrobia ziemniaczana może być wykorzystywana jako emulgator tłuszczu wieprzowego.

*Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010/2012 jako projekt badawczy N N312 038939.*

### Literatura

- [1] Baranowska H.M.: Correlation times of water molecules in potato starch fat gel. In: Starch. Recent progress in biopolymer and enzyme technology. Ed. P. Tomasik, E. Bertoff, A. Blennow. Wyd. PTTŻ. Kraków 2008, pp. 177-182.
- [2] Baranowska H.M., Rezler R., Poliszko S.: Temperature changes of the mechanical and dynamic parameters in the water-fat-starch systems. Acta Agrophys., 2004, **4 (2)**, 249-255.
- [3] Belton P.S.: NMR and the mobility of water in polysaccharide gels. Int. J. Biol. Macromolec., 1997, **21**, 81-88.
- [4] Bertram H.C., Wu Z., van der Berg F., Andersen H.J.: NMR relaxometry and differential scanning calorimetry during meat cooking. Meat Sci., 2006, **74**, 684-689.
- [5] Bilka A., Uchman W., Kowalczyńska Z.: Skrobia jako dodatek funkcjonalny w przemyśle mięsnym. W: Dodatki funkcjonalne w przetwórstwie mięsnym. Red. W. Uchman, Poznań 1998, ss. 78-91.

- [6] Brennan C.S., Suter M., Luethi T., Matia-Merino L., Qvortrup J.: The relationship between wheat flour and starch pasting properties and starch hydrolysis: Effect of non-starch polysaccharides in a starch gel system. *Starch/Starke*, 2008, **60**, 23-33.
- [7] Carr H.Y., Purcell, E.M.: Effects of diffusion on free precession in nuclear magnetic resonance experiments. *Phys. Rev.*, 1954, **94**, 630-638.
- [8] Dolata W., Piotrowska E., Krzywdzińska-Bartkowiak M.: Wpływ dodatku skrobi ziemniaczanej na jakość farszów i kielbas drobno rozdrobnionych. *Inżynieria Rolnicza*, 2000, **9 (20)**, 61-66.
- [9] Fukushima E., Roeder S.B.W.: *Experimental pulse NMR. A nuts and bolts approach*. Addison-Wesley Publishing Company, London 1981.
- [10] Gajewska-Szczerbal H., Baranowska H.M.: Water holding properties in pork longissimus dorsi muscle due to two different injection techniques. *Fleischwirtschaft Int.*, **25 (3)**, 56-59.
- [11] Goetz J., Koehler P.: Study of the thermal denaturation of selected proteins of whey and egg by low resolution NMR. *LWT*, 2005, **38**, 501-512.
- [12] Meiboom S., Gill D.: Modified spin-echo method for measuring nuclear relaxation times. *Rev. Scient. Instrum.*, 1958, **29**, 688-691.
- [13] Micklander E., Bertram H.C., Marno H., Bak L.S., Andersen H.J., Engelsen S.B., Norgaard L.: Early post-mortem discrimination of water-holding capacity in pig longissimus muscle using new ultrasound method. *LWT*, 2005, **38**, 437-445.
- [14] Pedersen H.T., Berg H., Lundby F., Engelsen S.B.: The multivariate advantage in fat determination in meat by bench-top NMR. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2001, **2**, 87-94.
- [15] Rezler R., Baranowska H.M.: Utilisation of starch preparations in sausage production – rheological properties and water binding. *Fleischwirtschaft Int.*, 2008 **23**, 65-69.
- [16] Sorland G.H., Larsen P.M., Lundby F., Rudi A-P., Guiheneuf T.: Determination of total fat and moisture content in meat using low field NMR. *Meat Sci.*, 2004, **66**, 543-550.
- [17] Stadnik J., Dolatowski Z.J., Baranowska H.M.: Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef (*m. semimembranosus*) during ageing. *LWT*, 2008, **41**, 2151-2158.
- [18] Stauffer C.E. *Emulgatory*. WNT, Warszawa 2001.
- [19] Węglarz W.P., Harańczyk H.: Two-dimensional analysis of the nuclear relaxation function in the time domain: The program CracSpin. *J. Physics D: Applied Physics*, 2000, **33**, 1909-1920.

## MOLECULAR DYNAMICS OF WATER IN FAT-IN-WATER TYPE OF EMULSIONS EMULSIFIED WITH POTATO STARCH

### Summary

The effect of starch on the pork fat emulsification process was analyzed at the molecular level. The research material consisted of fat-in-water type of emulsions. The experiments were performed on the samples containing 3 parts of water and 1 part of fat. The starch was added in the ratio of 1 : 1, 0.8 : 1, 0.5 : 1, and 0.4 : 1 in relation to the fat content. Analyzed were changes in the molecular dynamics of water in those emulsions during 8 hours from the moment when the system reached the temperature of measurement. The research was performed by a low-field NMR technique. The research accomplished showed that the emulsions were characterized by two components of the  $T_1$  and  $T_2$  relaxation times. This means that there are two fractions of protons in the system, which relax at different rates, and that the chemical exchange between those two fractions of protons is much slower than the relaxation time. The long components ( $T_{12}$  and  $T_{22}$ ) reflect the relaxation processes of proton fractions associated, primarily, with a biopolymer gel. The values of  $T_{12}$  and  $T_{22}$  increase with the decrease in the starch content in the system much

like in gels without fat. It means that this fraction contains much fat. In addition, definite differences were found in the dynamics of molecular water in the systems with low and high starch content. It is related with the forming stages of lamellar structures of fat and with the starch retrogradation. While observing the time-related dependences between the relaxation parameters, it was found that the greatest changes in water binding occurred about 2 to 5 hours after the gel had been prepared.

**Key words:** relaxation times, molecular dynamics, emulsion, low-field NMR, potato starch ☒