

## **Streszczenie**

Podjęte badania miały na celu otrzymanie w warunkach przemysłowych kiełbas drobnorozdrobnionych z mięsa kurcząt wzbogaconych dodatkiem kwasów tłuszczyków z rodziny n-3 tj. kwasu eikozapentaenowego (EPA; 20:5n-3) oraz dokozahexaenowego (DHA; 22:6n-3). Doświadczalną produkcję wędlin zaprojektowano i zrealizowano w sposób umożliwiający zachowanie pożądanych cech fizykochemicznych i sensorycznych wędlin przy jednoczesnym spełnieniu wymogów ustawodawstwa Unii Europejskiej, umożliwiających producentowi stosowanie oświadczenia żywieniowego w tym zakresie.

Zadania badawcze pracy realizowano w czterech etapach. Pierwszy etap dotyczył oceny wpływu dodatku płynnego oleju rybnego (O) oraz mikrokapsułkowanego oleju rybnego (MO) na wybrane cechy fizykochemiczne farszy mięsnych. W badaniach zastosowano dwa preparaty olejowe firmy DSM Nutritional Products Ltd. (Bazylea, Szwajcaria), jeden w formie płynnej (MEG-3<sup>TM</sup> 30% 8a Food Oil), a drugi w postaci mikrokapsułek (MEG-3<sup>TM</sup> 30% Powder). Ustalono ilość dodatku preparatów olejowego i mikrokapsułkowanego odpowiednio na poziomie 0,071 kg i 0,119 kg na 10 kg farszu. Celem technologicznym było uzyskanie minimalnej zawartości 80 mg jako sumy kwasów EPA+DHA w 100 g wyrobu gotowego. Stwierdzono, że forma wprowadzonego dodatku oleju wpłynęła na sposób wiązania wody i tłuszczy, a w konsekwencji na zmiany w strukturze otrzymanych farszy. Wykazano, że wraz ze wzrostem aktywności wody ( $A_w$ ) rosły wartości czasów relaksacji spin-sieć  $T_1$  i mały składowe czasów relaksacji spin-spin  $T_{21}$  i  $T_{22}$ . Odnotowano również występowanie odwrotnej korelacji pomiędzy lepkością dynamiczną farszów a czasami  $T_{21}$  i  $T_{22}$ . Płynny olej istotnie ograniczył dostęp wody w otrzymanej emulsji do składników białkowych, co przejawiało się wzrostem  $A_w$  badanych układów. Natomiast dodatek MO obniżył ilość wody wolnej w stosunku do związanej, co spowodowało obniżenie  $A_w$  w farszu. Stwierdzono, że w trakcie ogrzewania prób z dodatkiem obydwu form oleju mają miejsce istotne zmiany właściwości reologicznych badanych farszów. Dotyczyły one przede wszystkim zwiększenia parametrów sprężystych oraz lepkości dynamicznej w porównaniu do farszu kontrolnego.

W dalszej części pracy badano wpływ dodatku dwóch form oleju rybnego na właściwości mechaniczne, strukturalne i sensoryczne drobnorozdrobnionych kiełbas drobiowych przechowywanych przez 21 dni w warunkach chłodniczych. Kiełbasy wzbogacane MO odznaczały się większą twardością w porównaniu do pozostałych



układów. Suplementacja wędlin dodatkiem oleju oraz mikrokapsułkami spowodowała także niewielki wzrost parametrów gumowatości i żujności. Na podstawie przeprowadzonej analizy sensorycznej w 1 i 21 dniu przechowywania, nie odnotowano istotnych różnic między badanymi wędlinami. Jednocześnie panel sensoryczny wskazał wędlinę z dodatkiem mikrokapsułek za najbardziej atrakcyjną. Analiza obrazów Cryo-SEM wykazała obecność cząsteczek oleju o wyrównanej wielkości oraz mikrokapsułek w obserwowanej strukturze badanych wędlin.

Trzeci etap badań pozwolił określić wpływ sposobu pakowania (próżniowego - VP i w modyfikowanej atmosferze - MAP) na zmiany przechowalnicze otrzymanych wędlin drobiowych. Analiza głównych składowych (PCA) wykazała ujemną korelację między wartością pH a rodzajem próby i sposobem pakowania. Próby z MO wykazywały większą twardość, gumowatość i żujność w porównaniu do pozostałych wędlin. Tendencja ta rosła w kolejnych okresach przechowywania. Przechowywanie wędlin przez 21 dni przyczyniło się do niewielkich spadków większości ocenianych wyróżników sensorycznych, głównie zapachu i smaku. Jednak co ważne, panel oceniający nie wskazywał na pojawienie się niepożądanej rybiego posmaku w żadnej z prób wędlin. Punktacja ogólna wszystkich wędlin była zbliżona dla obydwu sposobów pakowania. Wykazano istotny statystycznie wpływ czasu oraz sposobu pakowania wędlin na wzrost ogólnej liczny drobnoustrojów i bakterii fermentacji mleковej, jednak nie przekraczający bezpiecznego dla zdrowia konsumentów poziomu. Bez względu na sposób pakowania wędlin, największą ilość bakterii tlenowych stwierdzono w próbie kontrolnej, a najmniejszą w próbie z dodatkiem mikrokapsułek.

Końcowy etap badań dotyczył analizy zmian oksydacyjnych (TBARS) oraz profilu kwasów tłuszczyowych w przechowywanych wędlinach. Analiza TBARS wykazała, że dodatek olejów nie wpływał istotnie na stopień utlenienia lipidów. Zastosowana ilość dodatku oleju w obu formach skutkowała uzyskaniem w gotowym produkcie sumy zawartości kwasów EPA i DHA na poziomie wyższym od minimalnego (80 mg/100 g) określonego w Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 116/2010. Średni poziom kwasów w 21 dniu przechowywania wynosił 170 mg/100 g produktu. Uzyskano w ten sposób możliwość zadeklarowania w postaci oświadczenia żywieniowego wysokiej zawartości kwasów z rodziny n-3 w wyrobach gotowych.

Reasumując, w produkcji wędlin objętych niniejszymi badaniami, z ekonomicznego jak i technologicznego punktu widzenia znacznie korzystniejsze okazało się zastosowanie

formy płynnej oleju. Olej płynny jest nie tylko tańszy, ale również znacznie łatwiej można go równomiernie rozprowadzić w całej objętości farszu.

**Slowa kluczowe:** wędлина drobiowa; rybne preparaty olejowe; przechowywanie; reologia; tekstura; właściwości fizykochemiczne; jakość.

## **Abstract**

The research undertaken was aimed at obtaining in industrial conditions finely ground chicken meat sausages enriched with the addition of n-3 fatty acids, i.e. eicosapentaenoic acid (EPA; 20: 5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA; 22: 6n-3). The experimental production of sausages was designed and implemented in the way that allows to maintain the desired physicochemical and sensory characteristics of product, while meeting EU requirements enabling the producer to use a nutritional claim in this regard.

The research tasks of the work were carried out in four stages. The first stage concerned the assessment of the effect of the addition of liquid fish oil (O) and microencapsulated fish oil (MO) on selected physicochemical properties of meat batters. Two oil formulations from DSM Nutritional Products Ltd. (Basel, Switzerland) were used in the research, one in liquid form (MEG-3 TM 30% 8a Food Oil) and the other in the form of microcapsules (MEG-3 TM 30% Powder). The amount of oil and micro-encapsulated preparations addition was set at 0.071 kg and 0.119 kg, respectively, per 10 kg of batter. The technological goal was to obtain the minimum content of 80 mg as the sum of EPA + DHA acids in 100 g of the finished product. It was found that the form of added oil affected the way of water and fat binding, and consequently changes in the structure of the obtained batter. It was shown that with the increase in water activity ( $A_w$ ), the values of spin-network  $T_1$  relaxation times increased and the components of spin-spin  $T_{21}$  and  $T_{22}$  relaxation times decreased. There was also an inverse correlation between the dynamic viscosity of the batters and the times  $T_{21}$  and  $T_{22}$ . The liquid oil significantly limited the access of water to protein components in the obtained emulsion, which was manifested by an increase in  $A_w$  in the tested systems. On the other hand, the addition of MO lowered the amount of free water in relation to the bound water, which resulted in the reduction of  $A_w$  in the batter. It was found that during the heating of the samples with the addition of both forms of oil, significant changes in the rheological properties of the tested batter occurred. The changes concerned mainly the increase of elastic parameters and dynamic viscosity compared to the control batter.

In the further part of the study, the influence of the addition of two forms of fish oil on the mechanical, structural and sensory properties of finely ground poultry sausages stored for 21 days under refrigerated conditions was investigated. Sausages enriched with MO showed greater hardness compared to the other systems. Supplementation of sausages with oil and microcapsules also resulted in a slight increase in the parameters of gumminess and chewiness.

Based on the sensory analysis carried out on days 1 and 21 of storage, no significant differences were found between the tested sausages. At the same time, the sensory panel indicated the sausage with the addition of microcapsules as the most attractive. The analysis of the Cryo-SEM images showed the presence of oil particles of even size and microcapsules in the observed structure of the tested sausages.

The third stage of the research allowed to determine the effect of the packaging method (vacuum - VP and in a modified atmosphere - MAP) on the storage changes of the obtained poultry sausages. Principal component analysis (PCA) showed a negative correlation between the pH value and the type of sample and packaging method. Samples with MO showed greater hardness, gumminess and chewiness compared to other samples. This tendency grew in the following storage periods. The storage of sausages for 21 days contributed to a slight decrease in most of the assessed sensory parameters, mainly in aroma and taste. However, the sensory panel did not indicate the appearance of an undesirable fish taste in any of the sausage samples. The overall score of all samples was similar for both packaging methods. A statistically significant effect of the time and method of packing sausages on the increase in the total number of microorganisms and lactic acid bacteria was demonstrated, but not exceeding the level that is safe for consumers' health. Regardless of the sausages packing method, the highest amount of aerobic bacteria was found in the control sample, and the lowest in the sample with the addition of microcapsules.

The final stage of the research concerned the analysis of oxidative changes (TBARS) and the fatty acid profile in the stored sausages. The TBARS analysis showed that the addition of the oils did not significantly affect the lipid oxidation degree. The amount of oil added in both forms resulted in obtaining the sum of EPA and DHA acids in the finished product at the level higher than the minimum (80 mg / 100 g) specified in Commission Regulation (EU) No 116/2010. The mean acid level on the 21<sup>st</sup> day of storage was 170 mg / 100 g of product. In this way, it was possible to declare the high content of n-3 acids in finished products in the form of a nutritional claim.

In conclusion it should be stated that in the production of sausages covered by this research, the use of the liquid form of oil turned out to be much more advantageous from an economic and technological point of view. Liquid oil is not only cheaper, but it is also much easier to distribute it evenly throughout the batter.

**Keywords:** poultry sausage; fish oil preparations; storage; rheology; texture; physicochemical properties; quality.