

Zdzisław DOMISZEWSKI, Anna ŁASZCZYK, Marzena KOSIŃSKA,
Agnieszka GRUDKA

WPLYW DODATKU OLEJU RYBIEGO, SPOSOBU GOTOWANIA I CZASU PRZECHOWYWANIA NA JAKOŚĆ LIPIDÓW W PULPETACH Z MIĘSA WIEPRZOWEGO

EFFECT OF ADDING FISH OIL, METHOD OF COOKING AND TIME OF STORAGE ON THE QUALITY OF LIPIDS OF PORK MEATBALLS

Zakład Towaroznawstwa i Oceny Jakości, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Abstract. This paper investigates the effects of adding fish oil (1.25%), method of cooking and refrigerated storage on the lipid oxidation, fatty acid composition and sensory quality of the meatballs. Formed meatballs were boiled, steamed and stored 1–3 days in 4°C. Meatballs with and without the addition of fish oil were analysed. Lipids were extracted using the Bligh and Dyer method and their peroxide value (PV), anisidine (AsV) and fatty acid composition were determined. Sensory profiling data was also analysed. The research showed that both adding fish oil as well as the method of cooking had a significant effect on PV. Steaming resulted in an increase in PV of about 50–60% on average compared to boiling. The method of cooking had no significant effect on the AsV of lipids. During storage, oxidation process developed faster in steamed meatballs with fish oil. The ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the meatballs without the addition of fish oil averaged about 22–23, after adding oil it dropped to about 3.3. The sum of the eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) 100 g of meatballs averaged 150 mg. Neither the method of cooking nor adding fish oil had a significant effect on the sensory quality of meatballs on the day of their cooking. After the third day of storage, sensory quality of meatballs without oil was higher. Although steaming is considered the best way to cook, in case of ground meat products, using this method can result in higher levels of oxidation.

Słowa kluczowe: DHA, EPA, fortyfikacja, mięso, olej rybi, utlenienie.

Key words: DHA, EPA, fish oil, fortification, meat, oxidation.

WSTĘP

Niskie spożycie ryb, a wysokie mięsa ma niekorzystny wpływ nie tylko na stosunek n-6 do n-3 PUFA, ale również przyczynia się do dużych niedoborów długołańcuchowych polienowych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 (LC n-3 PUFA) – Simopoulos (2002). Średnie roczne spożycie mięsa w Polsce na osobę wynosi ok. 74 kg, z czego ok. 55% przypada na mięso wieprzowe (Kapusta 2009).

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Zdzisław Domiszewski, Zakład Towaroznawstwa i Oceny Jakości, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, zdomiszewski@zut.edu.pl

Ze względu na ważną rolę, jaką odgrywają n-3 PUFA w organizmie, postanowiono wzbogacać produkty mięsne o oleje zawierające kwas α -linolenowy (ALA). Dodatek oleju rzepakowego i lnianego do wędlin przyczynił się do istotnej poprawy stosunku n-6/n-3 PUFA (Berasategi i in. 2011, Rycielska i Słowiński 2011). Mimo że zarówno EPA, jak i DHA mogą być syntetyzowane w wyniku elongacji i denaturacji kwasu α -linolenowego (ALA), mniej niż jeden procent ALA jest konwertowany na EPA/DHA (Anderson i Ma 2009).

W związku z powyższym jedynym rozwiązaniem, które może przyczynić się do większego spożycia EPA i DHA, jest fortyfikacja żywności olejami rybimi. Żywność wzbogacona o lipidy rybnie kierowana jest głównie do osób, które tych tłuszczów nie spożywają lub które spożywają ich bardzo niewiele. Obecnie dzienny bezpieczny limit spożycia LC n-3 PUFA został ustalony na około 5 g (EFSA 2012).

Potrawy z mięsa mielonego należą do popularnych w żywieniu zarówno domowym, jak i zbiorowym. Potrawy otrzymane z mięsa klasy I są szeroko stosowane w żywieniu dietetycznym. Do głównych potraw otrzymanych z mielonego mięsa należą pulpety i klopsiki. W celu zachowania wysokiej wartości odżywczej gotuje się je przede wszystkim w wodzie i na parze.

W piśmiennictwie dostępne są informacje nt. fortyfikacji produktów mięsnych olejami rybimi (Valencia i in. 2007, 2008, Delgado-Pando in. 2010), jednak brakuje informacji nt. jakości lipidów w produktach otrzymanych z mięsnej masy mielonej. Mimo że dodatek tłuszczów podatnych na utlenienie (oleje rybne) do mięsa czerwonego może wydawać się bardzo kontrowersyjny, ze względu na bezpieczeństwo żywności najistotniejszy jest poziom utlenienia lipidów w otrzymanym produkcie.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu dodatku oleju rybiego (1,25%), sposobu gotowania (w wodzie i na parze) oraz czasu chłodniczego przechowywania na jakość lipidów pulpetów. Jakość lipidów postanowiono zbadać poprzez oznaczenie zawartości produktów utlenienia, składu kwasów tłuszczowych oraz analizę sensoryczną. W celu wyeliminowania wpływu pro- i antyoksydacyjnego soli oraz przypraw nie dodano ich do pulpetów.

MATERIAŁ I METODY

Materiał

Stosowano mięso wieprzowe (szynka kl I/ 10 kg). Masę mięsną otrzymano w wyniku połączenia zmielonego mięsa (80%) z bułką namoczoną w wodzie (11,4%) i z jajami (8%). Do części masy dodano olej rybi w ilości 1,25%. Po wyrobieniu masy formowano kulki o masie 50 g, które następnie gotowano dwiema metodami. W pierwszym przypadku pulpety umieszczono we wrzącej wodzie; stosunek pulpetów do wody wynosił 1 : 15, czas gotowania – 10 min. W przypadku gotowania na parze pulpety umieszczono w urządzeniu z wrzącą wodą (Tefal Steam compact 700) na 17 min.

Po ugotowaniu pulpety ostudzone i rozdrobniono. Część rozdrobnionego surowego mięsa, surowych pulpetów bez dodatku oleju, oraz gotowanych pulpetów umieszczono w plastikowych pojemnikach i przechowywano w warunkach chłodniczych w temp. 4°C.

Badania przeprowadzono w dwóch seriach, a analizy fizykochemiczne wykonano w dniu przygotowania pulpetów oraz po 1 dniu i 3 dniach przechowywania.

Metody analityczne

Zawartość wody w mięsie oraz pulpetach oznaczono grawimetrycznie w temp. 105°C; czas suszenia wynosił 8 h. Lipidy z prób surowych oraz po ugotowaniu ekstrahowano za pomocą mieszaniny chloroformu i metanolu (2:1), według metody Bligha i Dyera (1959); ekstrakcję wykonano dwa razy. Zawartość lipidów oznaczono grawimetrycznie i wyrażono w $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ mokrej masy.

Jakość lipidów oznaczono za pomocą: LN, LAs oraz składu kwasów tłuszczowych. LN lipidów oznaczono metodą kolorymetryczną według Pietrzyk (1958). LN wyrażono w $\text{meqO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ lipidów. LAs oznaczono według ISO 6885 (1988). Estry metylowe kwasów tłuszczowych (EMKT) z pulpetów wzbogaconych olejem rybim przygotowano zgodnie z AOCS (2004), a bez oleju – zgodnie z ISO 5509 (2001). Rozdzielenia wszystkich EMKT dokonano metodą chromatografii gazowej, przy użyciu chromatografu gazowego Agilent 7890A, sprzężonego ze spektrometrem masy (Agilent 5975C). Warunki rozdziału EMKT opisano w pracy Domiszewskiego i Bienkiewicz (2010). Bezwzględną zawartość EPA i DHA w pulpetach oznaczono według metody AOCS (2004).

Analiza sensoryczna

Do oceny sensorycznej zastosowano metodę profilowania sensorycznego ISO 13299 (2003). Według list wyróżników jakościowych przeprowadzono ocenę zapachu, tekstury oraz smaku. Charakterystykę profilu badanych produktów przeprowadził zespół 7-osobowy, przeszkolony w technice profilowania sensorycznego.

Analiza statystyczna

Dane zamieszczone w tabelach 1–4 są średnimi wartościami z trzech powtórzeń. Analizę statystyczną wyników wykonano na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji; utworzono grupy jednorodne za pomocą testu Duncana, dla $p < 0,05$. Dane opracowano statystycznie, korzystając z programu STATISTICA[®] vers. 9.0 (StatSoft, Inc. 2009).

WYNIKI I DYSKUSJA

Poziom utlenienia lipidów, zawartość tłuszczu oraz skład kwasów tłuszczowych w oleju rybim, mięsie surowym oraz pulpetach przedstawiono w tab. 1 i 2. Do oznaczenia poziomu utlenienia lipidów w pulpetach wykorzystano wskaźniki LN i LAs, ponieważ najlepiej obrazują zmiany oksydacyjne zachodzące w olejach rybich (EFSA 2010).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zarówno sposób obróbki cieplnej, jak i dodatek oleju rybiego miały istotny wpływ na LN lipidów w pulpetach. Gotowanie na parze spowodowało średnio ok. 50–60% większy wzrost LN zarówno w pulpetach z dodatkiem, jak i bez dodatku oleju rybiego. Sama obróbka cieplna i sposób gotowania nie miały istotnego wpływu na poziom LAs w pulpetach bez dodatku oleju. Dodatek lipidów rybich do pulpetów spowodował ok. 15-procentowy istotny wzrost LAs, natomiast sposób gotowania nie miał istotnego wpływu na LAs.

Tabela 1. LN (meqO₂ · kg⁻¹ lipidów) w oleju rybim, mięsie surowym oraz pulpetach podczas przechowywania w temperaturze 4°CTable 1. PV (meqO₂ · kg⁻¹ lipid) in fish oil, raw meat and meatballs during storage at 4°C

| D | Olej rybi Fish oil | Mięso Meat | Pulpety surowe Raw meatballs | Pulpety gotowane Boiled meatballs | | Pulpety parowane Steamed meatballs | |
|---|-----------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
| | | | | bez o.r. | z o.r. | bez o.r. | z o.r. |
| | | | | without o.r. | with o.r. | without o.r. | with o.r. |
| 0 | 12,50 ^g | 1,74 ^{aA} | 2,13 ^{bA} | 3,03 ^{cA} | 6,83 ^{eA} | 4,61 ^{dA} | 10,85 ^{fA} |
| 1 | | 7,08 ^{cB} | 4,86 ^{aB} | 6,20 ^{bB} | 24,95 ^{fB} | 11,24 ^{dB} | 19,65 ^{eB} |
| 3 | | 7,71 ^{bC} | 5,79 ^{aC} | 15,64 ^{cC} | 35,83 ^{eC} | 19,60 ^{dC} | 45,26 ^{fC} |

D – liczba dni przechowywania – storage days.

o.r.– olej rybi – fish oil.

a, b, c ... – dane oznaczone tymi samymi literami w wierszu nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – values marked with the same letters in row are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

A, B, C... – dane oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – C values marked with the same letters in column are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

Tabela 2. LAs w oleju rybim, mięsie surowym oraz pulpetach podczas przechowywania w temperaturze 4°C

Table 2. AsV in fish oil, raw meat and meatballs during storage at 4°C

| D | Olej rybi Fish oil | Mięso Meat | Pulpety surowe Raw meatballs | Pulpety gotowane Boiled meatballs | | Pulpety parowane Steamed meatballs | |
|---|-----------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
| | | | | bez o.r. | z o.r. | bez o.r. | z o.r. |
| | | | | without o.r. | with o.r. | without o.r. | with o.r. |
| 0 | 9,07 ^d | 4,40 ^{aA} | 5,66 ^{bA} | 5,46 ^{bA} | 6,42 ^{cA} | 5,39 ^{bA} | 6,70 ^{cA} |
| 1 | | 5,67 ^{aB} | 6,51 ^{bB} | 6,23 ^{bB} | 12,05 ^{dB} | 7,39 ^{cB} | 17,73 ^{eB} |
| 3 | | 6,76 ^{aC} | 7,24 ^{bC} | 10,81 ^{cC} | 16,97 ^{eC} | 12,64 ^{dC} | 26,02 ^{fC} |

D – liczba dni przechowywania – storage days.

o.r.– olej rybi – fish oil.

a, b, c ... – dane oznaczone tymi samymi literami w wierszu nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – values marked with the same letters in row are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

A, B, C... – dane oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – C values marked with the same letters in column are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

Obserwowany wzrost utlenienia lipidów podczas gotowania pulpetów był prawdopodobnie wynikiem rozdrobnienia, a następnie mieszania mięsa surowego. Surowe pulpety zawierały średnio 20–30% więcej pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia niż mięso surowe. Rozdrabnianie nie tylko uszkadza tkanki, ale również zwiększa powierzchnię kontaktu z tlenem. Mieszanie masy mięsnej prowadzi natomiast do wprowadzenia dodatkowej ilości tlenu (Rodriguez-Estrada i in. 1997), co może przyczynić się do zainicjowania i / lub wzrostu utlenienia.

Wyższy LN w pulpetach gotowanych na parze mógł być wynikiem dłuższego czasu obróbki cieplnej, jak i oddziaływania pary wodnej na lipidy. Badania przeprowadzone przez Karpińską-Tymoszczyk i in. (2011) wykazały, że indyk ogrzewany w gorącym powietrzu w połączeniu z parą wodną zawierał około 90% więcej aldehydu malonowego niż ogrzewany tylko w gorącym powietrzu. Natomiast pulpety gotowane na parze miały wyższy wskaźnik TBA niż kotlety smażone (Hęś i in. 2009). Istotny wpływ na zawartość produktów utlenienia lipidów miały zapewne prooksydanty zawarte w mięsie, do których należy głównie mioglobina. Odgrywa ona istotną rolę w procesie utlenienia lipidów mięsa, w szczególności w obecności H₂O₂ lub LOOH, gdy może być konwertowana do ferrylomioglobiny, będąc w ten sposób głównym źródłem hematyny i wolnego żelaza jonowego. Związki te mogą nie tylko inicjować, ale również przyspieszać proces utlenienia lipidów (Min i Ahn 2005).

Wyższy poziom utlenienia lipidów w pulpetach z dodatkiem oleju rybiego wynikał głównie z zawartości kwasów polienowych. Zniszczenie, w wyniku mielenia oraz obróbki cieplnej, membran mięśniowych może zainicjować utlenienie, gdyż ułatwia to lipidom kontakt z jonami metali – głównie żelaza. Według Tichivangana i Morrissey (1985) jony żelaza w stężeniu od 1 do 10 ppm działają jako silny prooksydant w gotowanym mięsie.

Badania przeprowadzone przez Min i in. (2008) wykazały, że w surowej wieprzowinie zawartość żelaza ogólnego hemowego i niehemowego wynosiła odpowiednio 5,53, 4,60 oraz 0,93 $\mu\text{g/g}$. Po gotowaniu zaobserwowano wzrost ilości wszystkich form żelaza, przy czym największy wzrost dotyczył żelaza niehemowego. Prawdopodobnie wyższa zawartość żelaza niehemowego w pulpetach ogrzewanych, niż surowych, była przyczyną nie tylko wyższego poziomu LN i LAs w lipidach, ale również szybszej reakcji utleniania podczas przechowywania pulpetów. Generalnie wzrost poziomu utlenienia lipidów w gotowanych produktach mięsnych z dodatkiem tłuszczu pochodzenia morskiego obserwowali m.in. Valencia i in. (2007, 2008).

Wzrost wskaźnika TBA w gotowanym mięsie lub produktach mięsnych obserwowali Jayasingh i Cornforth (2003), a spadek – Rycielska i Słowiński (2012). Mimo że w obecnych przepisach prawnych nie ma regulacji dotyczących maksymalnych ilości produktów utleniania w lipidach rybich, w dniu gotowania otrzymane wartości LN i LAs na ogół nie przewyższały (LN 10 $\text{meqO}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ a LAs 20) wartości rekomendowanych przez niektóre stowarzyszenia (EFSA 2010).

W odniesieniu do produktów rybnych, takich jak marynaty czy sałatki rybne, pulpety z dodatkiem oleju rybiego w dniu gotowania odznaczały się porównywalnym lub nawet niższym poziomem utlenienia lipidów (Domiszewski i in. 2011a, b). Niniejsze badania wykazały również, że sposób gotowania oraz dodatek oleju rybiego miały istotny wpływ na szybkość utleniania lipidów podczas chłodniczego przechowywania pulpetów. Mimo że we wszystkich wariantach prób stwierdzono liniowy wzrost LN i LAs, szybkość reakcji była zróżnicowana (tab. 3).

Generalnie szybkość reakcji utleniania podczas przechowywania pulpetów była od 1,4- do 2,7- krotnie szybsza w próbach, które uprzednio gotowano na parze niż w wodzie. Dodatek oleju do pulpetów spowodował 2–5 krotnie szybszy wzrost LN i LA. Prawdopodobnie poziom LN w próbach po obróbce cieplnej zdecydował o szybkości utleniania lipidów podczas przechowywania pulpetów. Najszybszy wzrost utlenienia lipidów (zarówno LN i LA) obserwowano w – pulpetach gotowanych na parze z dodatkiem oleju, a najwolniejszy w pulpetach gotowanych w wodzie.

Szybkość reakcji utleniania lipidów w mięsie oraz pulpetach surowych była 3–7-krotnie wolniejsza niż w próbach, które poddano obróbce cieplnej (tab. 3). Według Min i in. (2008) wzrost wskaźników utlenienia podczas przechowywania mięsa jest wolniejszy w próbach surowych niż gotowanych. Powstawanie wtórnych produktów utleniania zależy od stężenia wodoronadtlenków w surowym mięsie (Nielsen i in. 1997).

Czynnik, który w istotny sposób mógł wpłynąć również na poziom utlenienia lipidów – zarówno podczas obróbki cieplnej, jak i podczas przechowywania pulpetów – to potencjał antyoksydacyjny. Stwierdzony niższy poziom utlenienia w próbach surowych, niż ogrzewanych, mógł być wynikiem wyższego potencjału antyoksydacyjnego. W mięsie gotowanym szybciej, niż w surowym, uwalnia się żelazo niehemowe (Min i in. 2008).

Tabela 3. Szybkość reakcji utleniania (LN i LAs) w mięsie oraz pulpetach podczas przechowywania w temperaturze 4°C

Table 3. The rate of the oxidation reaction (PV i AsV) in meat and meatballs during storage at 4°C

| Liczba Value | Próba Sample | Równanie Equation | r ² |
|-----------------|--|----------------------|----------------|
| LN PV | mięso surowe – raw meat | $y = 1,76x + 3,17$ | 0,67* |
| | pulpety surowe – raw meatballs | $y = 1,11x + 2,78$ | 0,79* |
| | pulpety parowane z o.r. steamed metballs with o.r. | $y = 11,66x + 9,70$ | 0,99* |
| | pulpety parowane bez o.r. steamed metballs without o.r. | $y = 4,89x + 5,30$ | 0,98* |
| | pulpety gotowane z o.r. boiled meatballs with o.r. | $y = 9,07x + 10,44$ | 0,89* |
| | pulpety gotowane bez o.r. boiled meatballs without o.r. | $y = 1,75x + 2,60$ | 0,99* |
| | mięso surowe – raw meat | $y = 0,51x + 5,79$ | 0,94* |
| LAs AsV | pulpety surowe – raw meatballs | $y = 0,75x + 4,61$ | 0,94* |
| | pulpety parowane z o.r. steamed metballs with o.r. | $y = 6,11x + 8,68$ | 0,93* |
| | pulpety parowane bez o.r. steamed metballs without o.r. | $y = 2,54x + 4,69$ | 0,95* |
| | pulpety gotowane z o.r. boiled meatballs with o.r. | $y = 3,41x + 7,22$ | 0,94* |
| | pulpety gotowane bez o.r. boiled meatballs without o.r. | $y = 1,76x + 5,54$ | 0,99* |

o.r. – olej rybi – fish oil.

* istotny na poziomie $\alpha = 0,05$ – significant at $\alpha = 0.05$.

Na potencjał antyoksydacyjny surowego mięsa wpływ mają głównie takie endogenne antyoksydanty, jak karnozyna oraz dipeptydy (Chan i Decker 1994). Według Peiretti i in. (2012) sposób gotowania mięsa ma istotny wpływ na straty karnozyny. Na ogół gotowanie mięsa zwierząt rzeźnych i ryb powoduje obniżenie ich aktywności przeciwutleniającej (Plust 2007), chociaż Serpen i in. (2012) obserwowali jej wzrost. Ponadto duże rozdrobnienie próby, z jakim mieliśmy do czynienia, ułatwiło kontakt z silnymi czynnikami pro oksydacyjnymi, głównie z: tlenem, światłem, jonami żelaza oraz lipooksygenazą (Kołakowska i Bartosz 2010). To mogło zadecydować o tym, że siła czynników proksydacyjnych przekroczyła zdolność antyoksydacyjną matrycy, jaką była gotowana tkanka mięsna. Wzrost zawartości produktów utlenienia podczas chłodniczego przechowywania produktów mięsnych wzbogacanych olejami obserwowali m.in. Lee i in. (2006).

Dodatek 1,25% oleju rybiego do pulpetów istotnie wpłynął na skład kwasów tłuszczowych lipidów, natomiast sposób gotowania nie miał na to istotnego wpływu. Stosunek n-6 do n-3 PUFA w pulpetach bez dodatku oleju wyniósł średnio ok. 22–23, natomiast po dodaniu oleju rybiego spadł do ok. 3,3 i tym samym był prawidłowy. Odpowiedni stosunek n-6/n-3 PUFA osiągnięty został w kiełbaskach po dodaniu oleju rybiego (Valencia i in. 2008, Josquin i in. 2012), mieszaniny oliwy, oleju lnianego i rybiego (Delgado-Pando i in. 2010) oraz oleju z mikroalg (Valencia i in. 2007).

W niniejszych badaniach wykazano także, że sposób gotowania pulpetów z dodatkiem oleju rybiego nie miał istotnego wpływu na zawartość EPA i DHA (tab. 4). Zawartość sumy EPA i DHA w 100 g pulpetów wynosiła średnio 145–150 mg. Według Europejskiego Urzędu Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) zalecane dzienne spożycie EPA i DHA powinno wynosić 250 mg.

Tabela 4. Zawartość lipidów ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$), skład kwasów tłuszczowych (%) oraz zawartość sumy EPA i DHA ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$) w oleju, mięsie oraz pulpetach
 Table 4. Lipid content ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ wet weight), fatty acids composition (%) and contents of EPA + DHA ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$ wet weight) in meat and meatballs

| Próba Sample | D | Lipidy Lipids | SFA | MUFA | PUFA | n-6 PUFA | n-3 PUFA | n-6 / / n-3 | EPA+ +DHA |
|---|---|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Olej rybi – Fish oil | | – | 19,2 ^a | 51,8 ^a | 29,0 ^f | 4,2 ^a | 24,8 ⁱ | 0,2 ^a | 16,5 |
| Mięso surowe – Raw meat | | 7,5 ^g | 40,1 ^c | 50,5 ^a | 8,5 ^a | 8,1 ^b | 0,4 ^a | 20,8 ^e | – |
| | 0 | 7,8 ^h | 36,9 ^b | 50,3 ^a | 12,8 ^e | 9,7 ^{de} | 3,1 ^h | 3,2 ^b | 0,14 ^c |
| Pulpety surowe – Meatballs | 1 | 8,3 ^j | 37,0 ^b | 50,4 ^a | 12,5 ^e | 9,6 ^{cd} | 3,0 ^{gh} | 3,2 ^b | 0,14 ^c |
| | 3 | 6,7 ^e | 37,3 ^b | 50,8 ^a | 11,9 ^d | 9,2 ^c | 2,7 ^f | 3,5 ^c | 0,11 ^a |
| | 0 | 8,2 ^k | 36,8 ^b | 50,5 ^a | 12,7 ^e | 9,6 ^d | 3,1 ^h | 3,1 ^b | 0,15 ^c |
| Pulpety parowane z o.r. Steamed meatballs with o.r. | 1 | 7,9 ⁱ | 36,9 ^b | 50,6 ^a | 12,5 ^e | 9,6 ^d | 2,9 ^g | 3,4 ^b | 0,14 ^c |
| | 3 | 7,7 ^h | 37,3 ^b | 50,8 ^a | 11,9 ^d | 9,6 ^d | 2,3 ^e | 4,2 ^d | 0,12 ^b |
| | 0 | 6,4 ^{bc} | 39,3 ^c | 50,8 ^a | 10,8 ^c | 10,4 ^g | 0,5 ^d | 22,6 ^f | – |
| Pulpety gotowane bez o.r. Boiled meatballs without o.r. | 1 | 6,6 ^{cde} | 39,4 ^c | 49,9 ^a | 10,7 ^c | 10,2 ^g | 0,5 ^d | 22,3 ^f | – |
| | 3 | 6,0 ^a | 39,5 ^c | 49,96 ^a | 10,6 ^{bc} | 10,1 ^{fg} | 0,5 ^d | 22,1 ^f | – |
| | 0 | 7,2 ^f | 39,6 ^c | 50,01 ^a | 10,4 ^b | 9,93 ^{ef} | 0,5 ^d | 21,8 ^f | – |
| Pulpety parowane bez o.r. Steamed meatballs without o.r. | 1 | 7,2 ^f | 39,5 ^c | 50,13 ^a | 10,4 ^b | 9,91 ^{ef} | 0,4 ^c | 22,4 ^f | – |
| | 3 | 6,6 ^d | 39,4 ^c | 50,34 ^a | 10,3 ^b | 9,87 ^e | 0,4 ^b | 23,6 ^g | – |

D – liczba dni przechowywania – storage days.

o.r. – olej rybi – fish oil.

SFA – nasycone kwasy tłuszczowe – saturated fatty acids (FA), MUFA – monoenowe kwasy tłuszczowe – monounsaturated FA, PUFA – polienowe kwasy tłuszczowe – polyunsaturated FA, EPA – kwas eikozapentaenowy – eicosapentaenoic fatty acid, DHA kwas dokozaheksaenowy – docosahexaenoic fatty acid.

a, b, c... – dane oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – values marked with the same letters in row are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

W związku z tym, że w diecie zachodniej dostarcza się średnio tylko 100 mg EPA i DHA dziennie (Givens i Gibbs 2008), spożycie 100 g pulpetów z dodatkiem tranu może w istotny sposób zmniejszyć niedobory tych kwasów.

Wyższa o ok. 50–100% zawartość EPA i DHA w kiełbaskach z dodatkiem oleju rybiego, otrzymana w badaniach innych autorów, wynikała prawdopodobnie z wysokiej zawartości tłuszczu w tych produktach. Żywność bogatą w tłuszcz łatwiej wzbogaca się olejami rybimi. W niniejszych badaniach zawartość tłuszczu w mięsie wynosiła ok. 6%, a więc była przeszło 5-krotnie niższa niż w badaniach Valenci i in. (2007, 2008).

Jednodniowe przechowywanie pulpetów nie wpłynęło istotnie na zawartość EPA i DHA. Po trzecim dniu przechowywania stwierdzono – zarówno w pulpetach gotowanych w wodzie, jak i na parze – istotne straty EPA i DHA (w granicach 14–19%). Sposób gotowania nie miał istotnego wpływu na straty EPA i DHA w pulpetach. Nie wydaje się, aby obserwowany spadek ilości EPA i DHA wynikał z postępującego procesu utlenienia, któremu towarzyszyć mogą starty LC n-3 PUFA (Kołakowska i in. 2003).

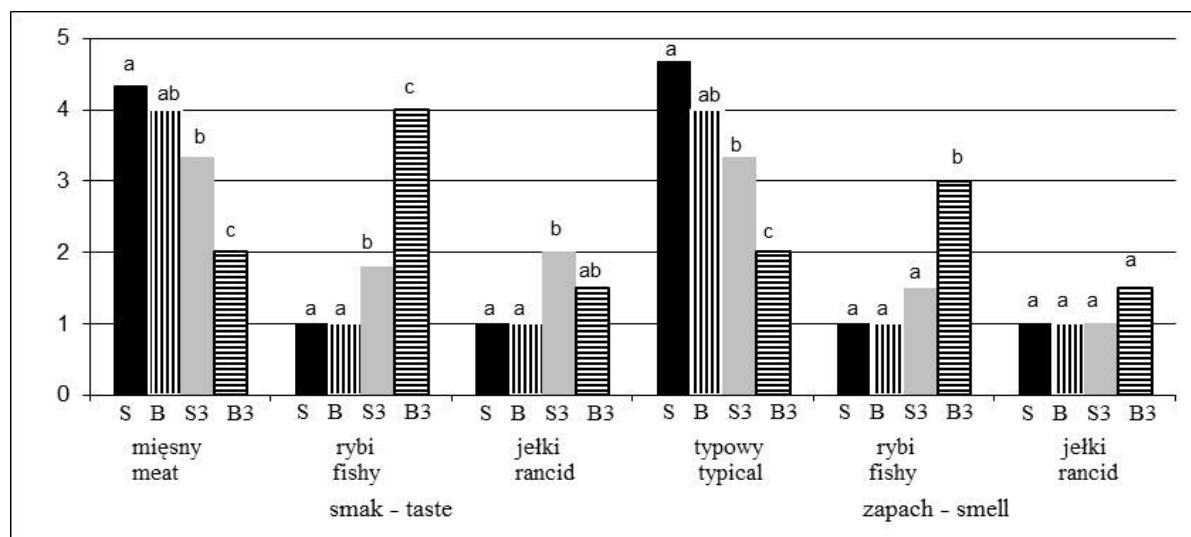
Bardziej prawdopodobne jest to, że kwasy te uległy związaniu z innymi składnikami (tj. z białkiem lub ze skrobią) obecnymi w pulpetach (Pokorny i in. 2010). Bienkiewicz i Kołakowska (2003) wykazali na układach modelowych, że oznaczanie składu KT (zwłaszcza DHA) w wyekstrahowanych lipidach nie odzwierciedla pełnego składu KT lipidów rybich w obecności białek lub skrobi.

O zachodzących interakcjach świadczą również zmiany w ekstrahowalności lipidów podczas przechowywania pulpetów. Po pierwszym dniu przechowywania nie stwierdzono zmniejszenia zawartości tłuszczu, po trzecim dniu przechowywania straty były istotne i wynosiły średnio 5–7%. Interakcje lipidy–białko zachodzą naturalnie w tkankach oraz w produktach podczas przetwarzania i przechowywania (Sikorski i Pan 1994, Pokorny i in. 2010).

Jakość sensoryczna jest bardzo istotna, szczególnie w przypadku żywności wzbogaconej olejami rybimi. Generalnie można stwierdzić, że w dniu przygotowania pulpetów zarówno dodatek oleju rybiego, jak i sposób obróbki cieplnej nie miały istotnego wpływu na ich jakość sensoryczną. Chociaż deskryptory smaku i zapachu typowego dla pulpetów bez oleju rybiego otrzymały średnio o 0,6 punktu wyższe noty, to różnice te nie były statystycznie istotne (rys. 1, 2).

W żadnej z analizowanych prób nie stwierdzono deskryptorów zarówno smaku, jak i zapachu jełkiego oraz rybiego. Istotny wpływ przechowywania na jakość sensoryczną pulpetów stwierdzono dopiero po 3 dniu przechowywania. W pulpetach z dodatkiem oleju rybiego – zarówno gotowanych w wodzie, jak i na parze – słabo wyczuwalny był zarówno smak, jak i zapach jełki.

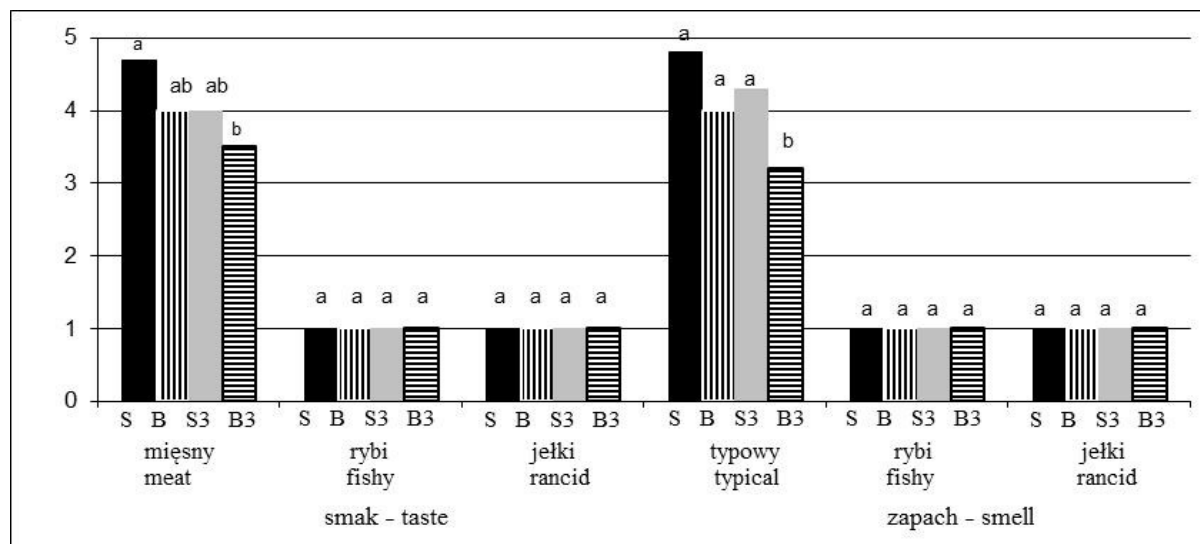
Wyczuwalny był również smak i zapach rybny, przy czym w przypadku pulpetów gotowanych był on bardziej intensywny. W pulpetach bez dodatku tranu po 3 dniu przechowywania nie stwierdzono smaku i zapachu jełkiego. Odczuwalny był za to słabiej smak i zapach typowy (średnio o 1,2–1,5 pkt). Stwierdzony w przechowywanych pulpetach z dodatkiem oleju rybiego smak i zapach jełki oraz rybi był wynikiem prawdopodobnie rozwijającego się procesu utleniania w lipidach (Jakobsen 1999). Za powstawanie zapachu zarówno rybiego, jak i jełkiego odpowiedzialne są głównie aldehydy, takie jak: 1-penten-3-ol, 2,3-pentanedion i 1-octen-3-ol (Lee i in. (2003).



S – pulpety parowane – steamed meatballs, B – pulpety gotowane – boiled meatballs, S3 – pulpety parowane (przechowywane przez 3 dni) – steamed meatballs (3 day stored), B3 – pulpety gotowane (przechowywane przez 3 dni) – boiled meatballs (3 day stored).

a, b, c – dane oznaczone tymi samymi literami (dla tego samego deskryptora smaku lub zapachu) nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – values marked with the same letters (for the same descriptor taste or smell) are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

Rys. 1. Średnie wartości głównych deskryptorów smaku i zapachu pulpetów z dodatkiem oleju rybiego
Fig. 1. Mean value of major descriptors of sensory taste and smell profile of meatballs (with fish oil)



S – pulpety parowane – steamed meatballs, B – pulpety gotowane – boiled meatballs, S3 – pulpety parowane (przechowywane przez 3 dni) – steamed meatballs (3 day stored), B3 – pulpety gotowane (przechowywane przez 3 dni) – boiled meatballs (3 day stored).

a, b, c – dane oznaczone tymi samymi literami (dla tego samego deskryptora smaku lub zapachu) nie różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$ – values marked with the same letters (for the same descriptor taste or smell) are not significantly different from each other with $p \leq 0.05$.

Rys. 2. Średnie wartości głównych deskryptorów smaku i zapachu pulpetów bez dodatku oleju rybiego
Fig. 2. Mean value of major descriptors of sensory taste and smell profile of meatballs (without fish oil)

W niniejszych badaniach nie stwierdzono istniejącej korelacji pomiędzy najważniejszymi deskryptorami zarówno smaku, jak i zapachu a wskaźnikami utlenienia lipidów. W zależności od analizowanych zmiennych współczynnik korelacji najczęściej wynosił od 0,22 do 0,55. Według Jacobsena (1999) w żywności nie zawsze występuje korelacja między wynikami analizy sensorycznej a wskaźnikami utlenienia lipidów.

WNIOSKI

1. Mimo że dodatek oleju rybiego do pulpetów oraz sposób ich gotowania mają istotny wpływ na zawartość pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia lipidów, otrzymane wartości LN i LAs nie przekraczają tych, które dotyczą produktów rybnych dostępnych na rynku.
2. Pulpety parowane mają nie tylko wyższe LN i LA niż pulpety gotowane w wodzie, ale również szybkość reakcji utleniania podczas przechowywania w temp. 4°C jest większa.
3. Stugramowa porcja pulpetów z dodatkiem 1,25% oleju rybiego dostarcza około 150 mg sumy EPA i DHA.
4. Dodatek oleju rybiego do pulpetów oraz sposób gotowania nie mają istotnego wpływu na ich jakość sensoryczną w dniu przygotowania.

PIŚMIENNICTWO

- AOCS.** 2004. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society.
Anderson B.M., Ma D.W.L. 2009. Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal? *Lipids Health Dis.* 8 (33).

- Berasategi I., Legarra S., de Ciriano M.G.-I., Rehecho S., Calvo M.I., Cavero R.Y., Navaro-Blasco I., Ansorena D., Astiasaran I.** 2011. „High in omega-3 fatty acids” Bologna-type sausages stabilized with an aqueous-ethanol extract of *Melissa officinalis*. *Meat Sci.* 88 (4), 705–711.
- Bligh E.G., Dyer W.J.** 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37 (8), 911–917.
- Bienkiewicz G., Kolakowska A.** 2003. Effect of lipid oxidation on fish lipids – amylopectin interactions. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105 (8), 410–418.
- Chan K., Decker E.** 1994. Endogenous skeletal-muscle antioxidants. *Crit. Rev. Food Sci.* 34 (4), 403–426.
- Delgado-Pando G., Cofrades S., Ruiz-Capillas C., Jiménez-Colmenero F.** 2010. Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 112 (8), 859–870.
- Domiszewski Z., Bienkiewicz G.** 2010. Porównanie metod przygotowania estrów metylowych kwasów tłuszczowych wg AOAC oraz metodą bezpośrednią przy oznaczaniu składu kwasów tłuszczowych tkanki mięsnej ryb. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin.* 281 (16), 19–30.
- Domiszewski Z., Bienkiewicz G., Plust D., Czerniejewska Surma B., Trzoska I.** 2011a. Fat quality of fish Salads. *Towaroznaw. Probl. Jakości* 27 (2), 81–92.
- Domiszewski Z., Bienkiewicz G., Plust D., Kulasa, M.** 2011b. Quality of lipids in marinated herring. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.* 14 (1), <http://www.ejpau.media.pl/volume14/issue1/art-09.html>, dostęp: lipiec 2013.
- EFSA.** 2010. Scientific opinion on fish oil for human consumption. Food hygiene, including rancidity. *The EFSA J.* 1874, 1–48.
- EFSA.** 2012. Scientific opinion on the tolerable upper intake level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *The EFSA J.* 2815, 1–48.
- Givens I., Gibbs R.A.** 2008. Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them. *Proc. Nutr. Soc.* 67 (3), 273–280.
- Hęś M., Gramza-Michałowska A., Szymandera-Buszka K.** 2009. Wpływ wybranych metod ogrzewania oraz zamrażalniczego przechowywania na utlenianie się lipidów w produktach mięsnych z dodatkiem przeciwutleniaczy. *Bromat. Chem. Toksykol.* 42 (3), 455–459.
- ISO 6885.** 1988. Animal and vegetable fats and oils – determination of anisidine value. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO 5509.** 2001. Animal and vegetable fats and oils. Preparation of methyl esters of fatty acids. Geneva, International Organization for Standardization.
- ISO 13299.** 2003. Methodology. General guidance for establishing a sensory profile. Geneva, International Organization for Standardization.
- Jayasingh P., Cornforth D.P.** 2003. Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. *Meat Sci.* 66 (1), 83–88.
- Jacobsen C.** 1999. Sensory impact of lipid oxidation in complex food systems. *Fett / Lipid* 101 (12), 484–492.
- Josquin N.M., Linssen J.P.H., Houben J.H.** 2012. Quality characteristics of Dutch-style fermented sausages manufactured with partial replacement of pork back-fat with pure, pre-emulsified or encapsulated fish oil. *Meat Sci.* 90 (1), 81–86.
- Karpińska-Tymoszczyk M., Danowska-Oziewicz M., Borowski J., Białobrzewski I.** 2011. The effect of different level of air steam saturation during cooking in the oven and vacuum storage on the quality of turkey. *Meat. Food Sci. Technol. Res.* 17 (2), 139–148.
- Kapusta F.** 2009. Baza surowcowa i spożycie mięsa czerwonego w Polsce. *Gosp. Mięsna* 6, 20–27.
- Kolakowska A., Bartosz G.** 2010. Antioxidants [in: Chemical, biological, and functional aspects of food lipids]. Eds. Z.E. Sikorski, A. Kolakowska. Boca Raton, CRC Press, 163–184.
- Kolakowska A., Olley J., Dunstan G.A.** 2003. Fish lipids [in: Chemical and functional properties of food lipids]. Eds. Z. Sikorski, A. Kolakowska. Boca Raton, CRC Press, 133–166.

- Lee S., Faustman C., Djordjevic D., Faraji H., Decker E.** 2006. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with ω -3 fatty acids. *Meat Sci.* 72 (1), 18–24.
- Min B., Ahn D.U.** 2005. Mechanism of lipid oxidation in meat and meat products—a review. *Food Sci. Biotechnol.* 14, 152–63.
- Min B., Nam K.C., Cordray J., Ahn D.U.** 2008. Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. *J. Food Sci.* 73 (6), 439–446.
- Nielsen J.H., Sørensen B., Skibsted L.H., Bertelsen G.** 1997. Oxidation in pre-cooked minced pork as influenced by chill storage of raw muscle. *Meat Sci.* 46, 191–197.
- Peiretti P.G., Medana C., Visentin S., Bello F.D.** 2012. Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chem.* 132 (1), 80–85.
- Pietrzyk C.** 1958. Spectrophotometric determination of lipid peroxides by thiocyanate technique. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 9 (2), 75–84.
- Plust D.** 2007. Pojemność przeciwutleniająca wybranych surowców pochodzenia zwierzęcego. Praca doktorska. Szczecin, AR w Szczecinie (niepublikowana).
- Pokorny J., Kołakowska A., Bienkiewicz G.** 2010. Lipid-protein and lipid-saccharide interactions [in: Chemical, biological and functional aspects of food lipids]. Eds. Z.E. Sikorski, A. Kolakowska. New York, CRC Press, 455–472.
- Rodriguez-Estrada M.T., Penazzi G., Coboni M.F., Bertacco G., Lercker G.** 1997. Effect of different cooking methods on some lipids and protein components of hamburgers. *Meat Sci.* 45 (3), 365–375.
- Rycielska J., Słowiński M.** 2011. Przetwory mięsne wzbogacone w kwasy tłuszczowe ω -3. *Przem. Spoż.* 65, 32–34.
- Rycielska J., Słowiński M.** 2012. Próba zastąpienia tłuszczu zwierzęcego olejem rzepakowym w kielbasach homogenizowanych. *Acta Agroph.* 19 (1), 123–132.
- Serpen A., Gökmen V., Fogliano V.** 2012. Total antioxidant capacities of raw and cooked meats. *Meat Sci.* 90 (1), 60–65.
- Sikorski Z.E., Pan B.S.** 1994. The effect of heat-induced changes in nitrogenous constituents on the properties of seafoods [in: Seafood proteins]. Eds. Z.E. Sikorski, B.S. Pan, F. Shahidi. New York, Chapman & Hall, 84–98.
- Simopoulos A.P.** 2002. The importance of the ratio of ω -6/ ω -3 essential fatty acids. *Biomed. Pharm.* 56 (8), 365–379.
- StatSoft Inc.** 2009. Statistica® (data analysis software system), version 9.0, www.statsoft.com.
- Tichivangana J.Z., Morrissey P.A.** 1985. Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. *Meat Sci.* 15 (2), 107–116.
- Valencia I., Ansorena D., Astiasaran I.** 2007. Development of dry fermented sausages rich in docosahexaenoic acid with oil from the microalgae *Schizochytrium* sp.: Influence on nutritional properties, sensorial quality and oxidation stability. *Food Chem.* 104 (3), 1087–1096.
- Valencia M.N., O'Grady D., Ansorena I., Astiasarán J.P.** 2008. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Sci.* 80 (4), 1046–1054.

