

KATARZYNA MARCINIAK-LUKASIAK, KRZYSZTOF KRYGIER

**ANALIZA ZMIAN OKSYDACYJNYCH I SENSORYCZNYCH  
MIESZANIN OLEJU RZEPAKOWEGO Z KONCENTRATEM  
OLEJU RYBIEGO LUB OLEJEM LNIANYM**

Streszczenie

Zwiększenie spożycia korzystnych zdrowotnie polienowych kwasów tłuszczowych z grupy omega-3 można osiągnąć poprzez dodawanie ich do żywności. Produktem, który poprzez swoje powinowactwo chemiczne w naturalny sposób nadaje się do wzbogacania w te składniki jest olej rzepakowy. Jako czynnik wzbogacający można zastosować koncentrat oleju rybiego lub olej lniany, będące bogatym źródłem kwasów tłuszczowych omega-3.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dodatku do oleju rzepakowego kwasów tłuszczowych omega-3, zawartych w koncentracie oleju rybiego i oleju lnianym, na zmiany oksydacyjne i sensoryczne powstałych mieszanin. Próby wzbogaconego oleju rzepakowego były także poddane 12-tygodniowemu testowi przechowalniczemu, podczas którego oznaczano wartość liczby nadtlenkowej (LOO) i liczby anizydynowej (LA).

Stwierdzono, że wartość LOO badanych mieszanin zwiększała się podczas pierwszych kilku tygodni przechowywania, po czym w miarę upływu kolejnych tygodni testu zauważalny był łagodny, ale sukcesywny spadek liczby nadtlenkowej. Spadek LOO zwiększał się tym bardziej, im większy był udział kwasów tłuszczowych omega-3 w badanych mieszaninach. Ogólna tendencja została zachowana zarówno w przypadku koncentratu oleju rybiego, jak i oleju lnianego, ale wartości LOO były wyższe w odniesieniu do mieszanin oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego. W żadnym z analizowanych przypadków LOO nie przekroczyła wartości 5 milirównoważników tlenu/kg oleju, czyli maksymalnej wartości, jaką mogą charakteryzować się rafinowane oleje rzepakowe, aby mogły być przeznaczone do spożycia.

Wartość LA badanych mieszanin z koncentratem oleju rybiego zwiększała się prawie liniowo ze wzrostem dodatku kwasów tłuszczowych omega-3. W przypadku mieszanin oleju rzepakowego z olejem lnianym wartość LA pozostawała na stałym poziomie lub ulegała nieznacznemu zmniejszeniu wraz ze wzrostem dodatku kwasów tłuszczowych omega-3. Podczas testu przechowalniczego następował wzrost wartości LA, zarówno w mieszaninach z koncentratem oleju rybiego, jak i z olejem lnianym, do osiągnięcia maksimum po 4 tygodniach składowania, po czym wartość ta ulegała wolnemu zmniejszaniu wraz z upływem kolejnych tygodni przechowywania.

---

*Dr inż. K. Marciniak-Lukasiak, prof. dr hab. Krzysztof Krygier, Katedra Technologii Żywności, Zakład Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa, tel. +48 (...) 22 5937525; fax. +48 (...) 22 5937527, lukasiak@alpha.sggw.waw.pl*

Olej rzepakowy wzbogacony w kwasy tłuszczowe omega-3 pochodzące z koncentratu oleju rybiego (w ilości 0,4%) lub z oleju lnianego (w ilości 0,5%) może stać się nowym produktem na rynku żywności funkcjonalnej.

**Słowa kluczowe:** kwasy tłuszczowe omega-3, olej rzepakowy, koncentrat oleju rybiego, olej lniany, stabilność oksydacyjna

## Wprowadzenie

Wpływ kwasów tłuszczowych omega-3 na rozwój chorób cywilizacyjnych odkryto już w latach 70. XX w. Bang i Dyerberg [9], prowadząc badania wśród Eskimosów, odnotowali niewielką zapadalność tej populacji na choroby układu krążenia, łuszczycę, cukrzycę i niektóre postaci nowotworów. Efekty te zostały przypisane diecie Eskimosów, która składa się głównie z ryb i ssaków morskich, a więc jest bogata w kwas eikozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA) [3, 7, 13, 16, 23, 25].

W innych badaniach wykazano, że wszystkie społeczności spożywające dietę bogatą w polienowe kwasy tłuszczowe omega-3 cechują się mniejszą częstością występowania schorzeń układu krążenia, niektórych nowotworów (zwłaszcza gruczołu piersiowego i okrężnicy), chorób alergicznych i z autoagresji (np. astmy, łuszczycy, atopii) [1, 4, 13, 17, 22, 24, 25, 26, 27].

EPA i DHA mają istotny wpływ na metabolizm. EPA wpływa ponadto na układ sercowo-naczyniowy poprzez syntezę eikozanoidów [13]. DHA jest niezbędnym składnikiem błon komórkowych w centralnym układzie nerwowym, zwłaszcza kory mózgu i siatkówki oka. Stwierdzono, że jego deficyt może przyczynić się do obniżenia ostrości widzenia, zdolności uczenia oraz rozwoju depresji [14, 6, 15]. Istotne jest, by dieta kobiet w ciąży oraz karmiących zawierała odpowiednie ilości DHA [7, 15, 18]. Zbyt niski poziom DHA w diecie kobiet wiąże się ze skróceniem czasu trwania ciąży i niską masą urodzeniową dzieci. Źródłem EPA i DHA dla małych dzieci powinno być mleko matki [8, 12, 13].

Niekorzystną cechą kwasów tłuszczowych omega-3, a szczególnie EPA i DHA zawartych w oleju rybim, jest ich znaczna podatność na zmiany oksydacyjne oraz związany z tym nieprzyjemny smak i zapach. Jednak dokładny proces rafinacji oleju rybiego, stabilizacja dodatkiem przeciwutleniaczy, a także niewielki poziom dodatku do żywności i obecność substancji smakowo-zapachowych, które maskują rybi posmak, pozwala otrzymać wzbogacone produkty spożywcze zadowolające konsumenta pod względem trwałości i cech sensorycznych [11, 14].

Istnieją dwie metody wzbogacania żywności w EPA i DHA. Pierwsza polega na dodawaniu olejów rybich (lub innych produktów zawierających kwasy tłuszczowe omega-3) do produktów spożywczych w trakcie procesu produkcyjnego, przez co uzyskuje się produkt finalny, który można zaliczyć do tzw. żywności funkcjonalnej. W

drugiej metodzie zwierzęta hodowlane żywi się paszą bogatą w kwasy tłuszczowe omega-3, co powoduje ich wbudowywanie w tkanki zwierzęce, będące późniejszym surowcem spożywczym. Produkuje się też jaja i mięso drobiowe wzbogacone w EPA i DHA, żywiąc drób paszą z dodatkiem rzepaku (zawierającego kwas  $\alpha$ -linolenowy) oraz suszonych mikroalg (bogate źródło EPA i DHA) [5, 6, 10].

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu dodatku do oleju rzepakowego kwasów tłuszczowych omega-3, zawartych w koncentracie oleju rybiego lub oleju lnianym, na zmiany oksydacyjne i sensoryczne powstałych mieszanin.

### Material i metody badań

Material do badań stanowiły:

- rafinowany olej rzepakowy pochodzący z Zakładów Przemysłu Tłuszczowego w Warszawie;
- koncentrat oleju rybiego o 30% zawartości kwasów tłuszczowych omega-3 30% Ropufa '30' n- 3 Oil firmy Hoffmann La Roche;
- olej lniany zawierający 50,9% kwasów tłuszczowych omega-3 pochodzący z Zakładu Badań i Przetwórstwa Lnu Instytutu Włókien Naturalnych w Poznaniu.

Olej rzepakowy mieszano z koncentratem oleju rybiego lub olejem lnianym w takich proporcjach, aby powstałe mieszaniny zawierały następujące ilości kwasów tłuszczowych omega-3, [%]:

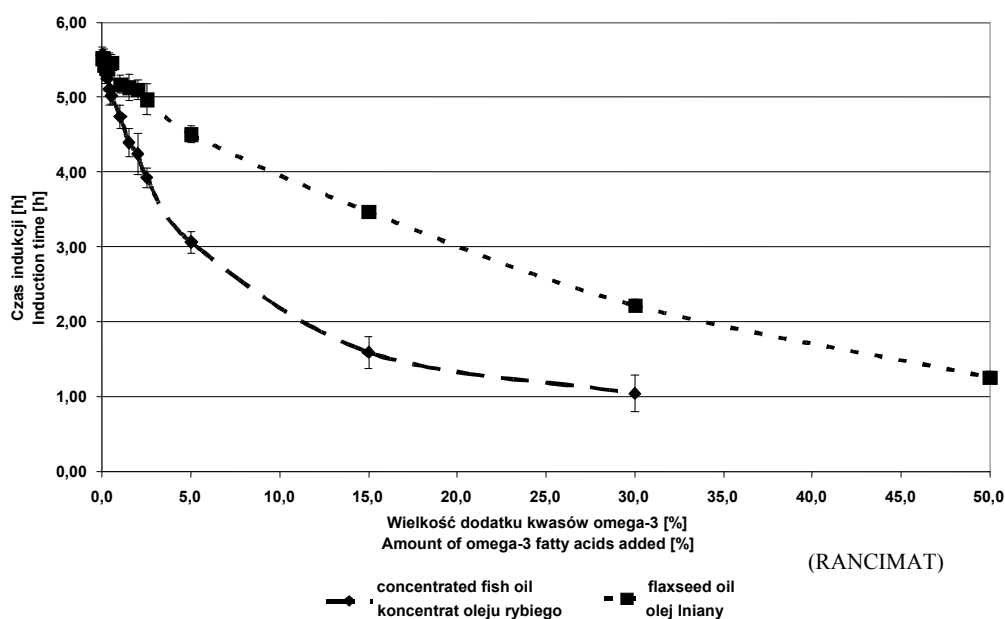
- koncentrat oleju rybiego Ropufa: 0 – czysty olej rzepakowy, 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 5,0; 15,0; 30,0 – czysty koncentrat oleju rybiego;
- olej lniany: 0 – czysty olej rzepakowy, 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 5,0; 15,0; 30,0; 50,9 – czysty olej lniany.

Uzyskano w ten sposób 13 prób oleju rzepakowego z różnym dodatkiem koncentratu oleju rybiego oraz 14 prób olej rzepakowego z dodatkiem oleju lnianego, które przechowywano w przezroczystych szklanych butelkach przez okres 12 tyg. w temp.  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , przy dostępie światła. Oznaczenia fizykochemiczne i ocenę sensoryczną przeprowadzano w olejach świeżych, a także po 2, 4, 6, 9 i 12 tyg. przechowywania. Wykonywano następujące oznaczenia: liczba nadtlenkowa [19], liczba anizydynowa [20], test przechowalniczy Rancimat [21] i analiza sensoryczna [2] – metodą opisową przez przeszkolony zespół oceniający składający się z pięciu osób. Uzyskane wyniki poddano wieloczynnikowej analizie wariancji przy użyciu programu Statgraphics 5.0.

Mieszaniny oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego były analizowane w 4 próbach (po 4 powtórzenia), zaś oleju rzepakowego z olejem lnianym w trzech próbach (po 4 powtórzenia).

## Wyniki i ich omówienie

Na podstawie przeprowadzonych badań (rys. 1) stwierdzono, że najbardziej stabilne były próby wzbogaconego oleju rzepakowego, które zawierały najmniejsze ilości kwasów tłuszczowych omega-3, (do 0,3%), ponieważ czas indukcji tych olejów okazał się najdłuższy. Istotną zmianę w czasie trwania indukcji odnotowano w oleju, w którym dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 wynosił 0,4%. Nastąpiło wtedy wyraźne skrócenie czasu trwania procesu utleniania.



Rys. 1. Zależność czasu indukcji mieszaniny oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego lub lnianym od wielkości dodatku kwasów tłuszczowych omega-3.

Fig. 1. The relation between the induction time of a mixture of rapeseed and concentrated fish oils, or of rapeseed and flaxseed oils, and the amount of omega-3 fatty acids added.

Im większy był dodatek kwasów tłuszczowych omega-3, tym czas indukcji stawał się krótszy. W przypadku dodatku kwasów tłuszczowych omega-3 zawartych w oleju lnianym najbardziej stabilne były próby oleju rzepakowego, które zawierały najmniejszą ilość dodatku oleju lnianego (do 0,5% dodatku kwasów tłuszczowych omega-3), gdyż czas indukcji tych olejów okazał się najdłuższy. Dość istotną zmianę zaobserwowano we wszystkich partiach, w których dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 wynosił 1%. Nastąpiło wtedy wyraźne skrócenie czasu trwania procesu utleniania. Połączony od dodatku oleju lnianego wnoszącego 1% kwasów omega-3, czas indukcji

systematycznie się skracał. Zgodnie z przewidywaniami, najmniejszą stabilność wykazał czysty olej lniany.

Analizując zmiany wartości liczby nadtlenkowej (tab. 1) oleju rzepakowego wzbogaconego koncentratem oleju rybiego stwierdzono, że do 4. tyg. zachodziły typowe mechanizmy oksydacyjne, czyli następował szybki przyrost nadtlenków. W tygodniach od 4. do 6. LOO ulegała niewielkiemu zmniejszeniu, aby znów wzrosnąć po 6 tyg. i zmaleć w 12. tyg. przechowywania. Oznacza to, że w miarę upływu czasu trwania testu poziom zawartości nadtlenków rósł, choć z niejednakową szybkością w poszczególnych mieszalinach olejów.

Tabela 1

Wartości liczby nadtlenkowej mieszalin oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego podczas 12-tygodniowego testu przechowalniczego.

Peroxide value (LOO) of rapeseed and concentrated fish oils mixtures during a 12 week test of storage-ability.

Dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 [%] Omega-3 fatty acids added [%]	Liczba nadtlenkowa / Peroxide value					
	Okres przechowywania [tydzień] / Storing time [week]					
	0	2	4	6	9	12
0,0	1,01 <sup>a</sup>	2,80 <sup>mn</sup>	3,44 <sup>stu</sup>	3,25 <sup>q</sup>	3,83 <sup>67</sup>	3,52 <sup>tuw</sup>
0,1	1,31 <sup>c</sup>	2,72 <sup>lm</sup>	3,60 <sup>vwxyzl</sup>	3,62 <sup>vwxyz12</sup>	4,01 <sup>89</sup>	3,75 <sup>3456</sup>
0,2	1,56 <sup>de</sup>	2,56 <sup>jk</sup>	3,42 <sup>st</sup>	3,35 <sup>qrs</sup>	3,91 <sup>78</sup>	3,54 <sup>uvw</sup>
0,3	2,07 <sup>g</sup>	2,73 <sup>lm</sup>	3,57 <sup>vw</sup>	3,41 <sup>st</sup>	4,17 <sup>a'b'c'</sup>	3,59 <sup>vwxyz</sup>
0,4	1,79 <sup>f</sup>	2,92 <sup>o</sup>	3,67 <sup>xyz12345qr</sup>	3,68 <sup>yz12345</sup>	4,02 <sup>9</sup>	3,64 <sup>wxyz123</sup>
0,5	1,80 <sup>f</sup>	2,90 <sup>no</sup>	3,90 <sup>78</sup>	3,60 <sup>vwxyz</sup>	4,10 <sup>9a'b'</sup>	3,77 <sup>56</sup>
1,0	1,54 <sup>de</sup>	3,34 <sup>qrs</sup>	4,24 <sup>c'd'</sup>	3,64 <sup>wxyz123</sup>	4,52 <sup>e'</sup>	3,58 <sup>vwxy</sup>
1,5	1,31 <sup>c</sup>	1,96 <sup>h</sup>	3,66 <sup>xyz1234</sup>	3,44 <sup>stu</sup>	3,73 <sup>23456</sup>	3,44 <sup>stu</sup>
2,0	1,61 <sup>e</sup>	2,33 <sup>hi</sup>	4,01 <sup>89</sup>	3,71 <sup>12345</sup>	4,21 <sup>b'c'd'</sup>	3,27 <sup>qr</sup>
2,5	1,78 <sup>f</sup>	2,66 <sup>kl</sup>	3,70 <sup>z12345</sup>	3,40 <sup>s</sup>	4,27 <sup>d'</sup>	3,25 <sup>q</sup>
5,0	2,07 <sup>g</sup>	3,08 <sup>p</sup>	4,09 <sup>9a'</sup>	3,41 <sup>st</sup>	3,76 <sup>456</sup>	2,82 <sup>mno</sup>
15,0	1,49 <sup>d</sup>	3,55 <sup>uvw</sup>	3,63 <sup>vwxyz12</sup>	3,66 <sup>xyz1234</sup>	3,64 <sup>wxyz123</sup>	2,31 <sup>hi</sup>
30,0	1,17 <sup>b</sup>	3,37 <sup>rs</sup>	3,60 <sup>vwxyzl</sup>	3,75 <sup>3456</sup>	2,53 <sup>j</sup>	2,38 <sup>i</sup>

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Te same indeksy oznaczają, że wartości średnie nie różnią się statystycznie istotnie na poziomie  $\alpha = 0,05$ ;  
The same indexes mean that the means do not differ statistically significantly at a level of  $\alpha = 0,05$ .

Mały dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 (0,1 i 0,2%) do świeżego oleju rzepakowego powodował niewielkie zmiany liczby nadtlenkowej. Istotny wzrost zaobserwowano dopiero przy 0,3% dodatku tych kwasów.

Znaczny spadek liczby nadtlenkowej nastąpił przy dodatku do oleju rzepakowego kwasów tłuszczowych omega-3 w wysokości 1,5%. Natomiast kolejny wzrost LOO odnotowano przy 5% dodatku tych kwasów. W miarę wzrostu zawartości kwasów tłuszczowych omega-3 do 15 i 30%, liczba nadtlenkowa malała. W 12. tyg. prowadzenia badań liczba nadtlenkowa nie ulegała żadnym zmianom, dopiero powyżej 2% zawartości kwasów tłuszczowych omega-3 wartość LOO stopniowo uległa zmniejszeniu.

Wyniki oznaczania liczby anizydynowej mieszanin oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego (tab. 2) wskazują, że mniejsze dawki kwasów tłuszczowych omega-3 (od 0,1 do 5%) nie zmieniały jej wartości. Oznacza to, że na tym poziomie dodatku stabilność oleju rzepakowego nie ulegała większym zmianom i olej ten może być wzbogacany kwasami tłuszczowymi omega-3 w celu poprawy jego właściwości zdrowotnych.

Istotne zmiany wartości liczby anizydynowej zaobserwowano przy 15 i 30% dodatku kwasów tłuszczowych omega-3. Przy tych wielkościach dodatku koncentratu oleju rybiego następował gwałtowny wzrost zawartości wtórnych produktów autooksydacji.

W miarę upływu czasu trwania testu zawartość wtórnych produktów autooksydacji w analizowanych olejach nieznacznie wzrastała. Większe wahania zaobserwowano przy 5, 15 i 30% zawartości kwasów tłuszczowych omega-3, ze względu na wyższą początkową wartość liczby anizydynowej. Przechowywanie mieszanin oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego nie miało istotnego wpływu na pogorszenie jakości oleju, a wartości liczby anizydynowej w 12. tyg. w nieznacznym stopniu różniły się od wartości w świeżych olejach (przy danym dodatku koncentratu oleju rybiego).

Dodatek oleju lnianego miał istotny wpływ na zmianę liczby nadtlenkowej oleju rzepakowego (tab. 3). Charakterystyczna była niemal niezmienna wartość liczby nadtlenkowej w czystym oleju rzepakowym, we wszystkich partiach analizowanych olejów na początku testu przechowalniczego.

Różnice liczby nadtlenkowej pomiędzy poszczególnymi dodatkami oleju lnianego odnotowano w 2. tyg., zwłaszcza przy 0,2 i 0,3% dodatku kwasów tłuszczowych omega-3. Największy przyrost nadtlenków zaobserwowano po 9. tyg. prowadzenia badań: wówczas wartości LOO były największe w przypadku 0,4% dodatku kwasów tłuszczowych omega-3. W ostatnim tygodniu, podobnie jak w pierwszym, liczba nadtlenkowa utrzymywała się na stałym poziomie. We wszystkich badanych partiach (także w czystym oleju lnianym) najgwałtowniejszy przyrost nadtlenków nastąpił w 4. tyg. badania, a największą wartość osiągnął w 6. tyg.

Tabela 2

Wartości liczby anizydynowej mieszanin oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego podczas 12-tygodniowego testu przechowalniczego. Anisidine values of rapeseed and concentrated fish oil mixtures during a 12 week test of storage-ability.

Dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 [%] Omega-3 fatty acids added [%]	Liczba anizydynowa / Anisidine value					
	Okres przechowywania [tydzień] / Storing time [week]					
	0	2	4	6	9	12
0,0	2,50 <sup>ab</sup>	2,61 <sup>abcde</sup>	3,03 <sup>mnoqrst</sup>	2,62 <sup>abcdef</sup>	2,68 <sup>bcdefghi</sup>	2,97 <sup>klmnopqr</sup>
0,1	2,77 <sup>cdefghijklm</sup>	2,82 <sup>defghijklmno</sup>	2,52 <sup>abc</sup>	2,71 <sup>bcdefghijk</sup>	2,87 <sup>efghijklmnopq</sup>	2,97 <sup>klmnopqr</sup>
0,2	2,81 <sup>defghijklmno</sup>	2,37 <sup>a</sup>	2,79 <sup>defghijklmn</sup>	2,90 <sup>hijklmnopq</sup>	2,77 <sup>cdefghijklm</sup>	2,93 <sup>ijklmnopq</sup>
0,3	2,58 <sup>abcd</sup>	2,61 <sup>abcde</sup>	2,65 <sup>bcdefgh</sup>	2,72 <sup>bcdefghijk</sup>	2,88 <sup>ghijklmnopq</sup>	2,85 <sup>efghijklmnopq</sup>
0,4	2,88 <sup>ghijklmnopq</sup>	2,70 <sup>bcdefghij</sup>	2,69 <sup>bcdefghij</sup>	2,76 <sup>cdefghijkl</sup>	2,67 <sup>bcdefghi</sup>	3,07 <sup>opqrst</sup>
0,5	2,63 <sup>abcdefg</sup>	2,52 <sup>abc</sup>	3,07 <sup>opqrst</sup>	2,94 <sup>ijklmnopq</sup>	3,08 <sup>opqrst</sup>	2,81 <sup>defghijklmno</sup>
1,0	2,76 <sup>bcdefghijkl</sup>	3,02 <sup>lmnopqrst</sup>	2,90 <sup>hijklmnopq</sup>	2,87 <sup>efghijklmnopq</sup>	3,02 <sup>lmnopqrst</sup>	3,28 <sup>tuvw</sup>
1,5	3,12 <sup>qstuv</sup>	3,09 <sup>pqrst</sup>	3,59 <sup>xy</sup>	3,05 <sup>nopqrst</sup>	2,94 <sup>ijklmnopq</sup>	3,11 <sup>qrst</sup>
2,0	2,87 <sup>efghijklmnopq</sup>	2,84 <sup>defghijklmnop</sup>	2,99 <sup>lmnopqrst</sup>	2,94 <sup>ijklmnopq</sup>	3,09 <sup>pqrst</sup>	3,64 <sup>xy</sup>
2,5	3,21 <sup>rstuv</sup>	3,37 <sup>vwxyz</sup>	4,75 <sup>2</sup>	3,06 <sup>opqrst</sup>	2,94 <sup>ijklmnopq</sup>	3,49 <sup>wxyz</sup>
5,0	3,25 <sup>stuvw</sup>	3,47 <sup>vwxyz</sup>	4,82 <sup>2</sup>	3,70 <sup>yz</sup>	3,93 <sup>z1</sup>	4,06 <sup>1</sup>
15,0	5,46 <sup>4</sup>	5,10 <sup>3</sup>	6,13 <sup>6</sup>	5,79 <sup>5</sup>	6,18 <sup>6</sup>	7,55 <sup>7</sup>
30,0	8,03 <sup>8</sup>	9,03 <sup>a1</sup>	8,82 <sup>a1</sup>	8,39 <sup>9</sup>	8,94 <sup>a1</sup>	9,60 <sup>b1</sup>

Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

Tabela 3

Wartości liczby nadtlenkowej mieszanin oleju rzepakowego z olejem lnianym podczas 12-tygodniowego testu przechowalniczego.

Peroxide values of rapeseed and flaxseed oils mixtures during a 12 week test of storage-ability.

Dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 [%] Omega-3 fatty acid added [%]	Liczba nadtlenkowa / Peroxide value					
	Okres przechowywania [tydzień] / Storing time [week]					
	0	2	4	6	9	12
0,0	0,93 <sup>a</sup>	1,59 <sup>bc</sup>	4,19 <sup>xyz12</sup>	3,69 <sup>opqrst</sup>	4,37 <sup>z12</sup>	3,16 <sup>hi</sup>
0,1	1,02 <sup>a</sup>	1,90 <sup>cd</sup>	3,53 <sup>ijklmnop</sup>	4,01 <sup>uvwxy</sup>	4,31 <sup>yz12</sup>	3,16 <sup>hi</sup>
0,2	0,98 <sup>a</sup>	2,50 <sup>fg</sup>	3,61 <sup>mnpqrs</sup>	4,11 <sup>vxyz1</sup>	4,40 <sup>12</sup>	3,21 <sup>hij</sup>
0,3	1,00 <sup>a</sup>	2,63 <sup>g</sup>	3,63 <sup>nopqrs</sup>	3,70 <sup>opqrstu</sup>	4,96 <sup>45</sup>	3,15 <sup>h</sup>
0,4	1,00 <sup>a</sup>	2,39 <sup>efg</sup>	3,73 <sup>opqrstu</sup>	3,78 <sup>opqrstuvw</sup>	5,34 <sup>6</sup>	3,52 <sup>ijklmnop</sup>
0,5	0,96 <sup>a</sup>	2,31 <sup>ef</sup>	3,65 <sup>nopqrs</sup>	3,87 <sup>rstuvw</sup>	4,45 <sup>23</sup>	3,09 <sup>h</sup>
1,0	1,03 <sup>a</sup>	2,34 <sup>efg</sup>	3,77 <sup>opqrstuvw</sup>	3,91 <sup>stuvw</sup>	4,83 <sup>45</sup>	3,15 <sup>hi</sup>
1,5	1,00 <sup>a</sup>	2,39 <sup>efg</sup>	3,55 <sup>klmnopq</sup>	3,57 <sup>lmnopqr</sup>	4,36 <sup>z12</sup>	3,31 <sup>hijklm</sup>
2,0	1,02 <sup>a</sup>	2,36 <sup>efg</sup>	3,34 <sup>hijklmn</sup>	3,47 <sup>ijklmno</sup>	4,74 <sup>34</sup>	3,18 <sup>hi</sup>
2,5	1,03 <sup>a</sup>	2,28 <sup>ef</sup>	3,60 <sup>mnpqrs</sup>	3,22 <sup>hij</sup>	5,14 <sup>56</sup>	3,14 <sup>h</sup>
5,0	1,04 <sup>a</sup>	2,17 <sup>de</sup>	4,08 <sup>wxyz</sup>	3,25 <sup>hijk</sup>	3,85 <sup>qrstuvw</sup>	3,12 <sup>h</sup>
15,0	1,00 <sup>a</sup>	2,28 <sup>ef</sup>	3,82 <sup>pqrstuvw</sup>	3,68 <sup>opqrs</sup>	4,08 <sup>wxyz</sup>	3,26 <sup>hijkl</sup>
30,0	1,04 <sup>a</sup>	1,95 <sup>d</sup>	4,00 <sup>tuvwxy</sup>	3,34 <sup>hijklmn</sup>	4,40 <sup>12</sup>	3,35 <sup>hijklmn</sup>
50,0	1,08 <sup>a</sup>	1,58 <sup>b</sup>	3,54 <sup>klmnopq</sup>	4,41 <sup>12</sup>	3,71 <sup>opqrstu</sup>	3,06 <sup>h</sup>

Objaśnienia jak w tab. 1 / Explanatory notes as in Tab. 1

Największy przyrost wtórnych produktów autooksydacji oleju rzepakowego z koncentratem oleju rybiego zaobserwowano w 2. tyg. przy 0,1% dodatku kwasów tłuszczowych omega-3. Jednak największe wartości liczby anizydynowej we wszystkich partiach odnotowano po 9. tyg. prowadzenia doświadczenia. Zaobserwowano, że w miarę upływu czasu trwania testu zawartość wtórnych produktów oksydacji w analizowanych olejach nieznacznie wzrastała. Zmiany te następowały z podobną szybkością we wszystkich analizowanych mieszaninach.

Przechowywanie mieszanin oleju rzepakowego z olejem lnianym (tab. 4) nie miało istotnego wpływu na pogorszenie ich jakości, a wartości liczby anizydynowej w 12. tyg. przechowywania tylko w niewielkim stopniu różniły się od wartości w świeżych olejach (przy danym dodatku oleju lnianego).



Wartości liczby anizydynowej mieszanin oleju rzepakowego z olejem lnianym podczas 12-tygodniowego testu przechowywalniczego.  
Anisidine value of rapeseed and flaxseed oils mixtures during a 12 week test of storage-ability.

Dodatek kwasów omega-3 [%] Omega-3 acids added [%]	Liczba anizydynowa / Anisidine value											
	Okres przechowywania [tydzień] / Storing time [week]											
	0	2	4	6	9	12						
0,0	2,71 <sup>yz1234</sup>	2,37 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,23 <sup>efghijklmnopqrstuw</sup>	2,20 <sup>defghijklmnopqrstuw</sup>	2,46 <sup>pqrstuvwxyzi2</sup>	2,09 <sup>cdefghijklmnopq</sup>						
0,1	2,46 <sup>qrstuwxyzi2</sup>	2,34 <sup>hijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,72 <sup>z1234</sup>	2,30 <sup>ghijklmnopqrstuvwxy</sup>	2,31 <sup>ghijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,13 <sup>cdefghijklmnopqr</sup>						
0,2	2,55 <sup>uvwxyzi234</sup>	2,38 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi2</sup>	2,42 <sup>nopqrstuvwxyzi2</sup>	2,20 <sup>defghijklmnopqrstuw</sup>	2,56 <sup>tuwxyzi234</sup>	2,21 <sup>defghijklmnopqrstuw</sup>						
0,3	2,29 <sup>fghijklmnopqrstuwxy</sup>	2,40 <sup>mnopqrstuvwxyzi2</sup>	32,31 <sup>ghijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,25 <sup>efghijklmnopqrstuw</sup>	2,50 <sup>rstuvwxyzi2</sup>	2,34 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi</sup>						
0,4	2,01 <sup>cdefghijklmn</sup>	2,39 <sup>lmnopqrstuvwxyzi2</sup>	2,52 <sup>rstuvwxyzi23</sup>	1,99 <sup>cdefghijklm</sup>	2,39 <sup>klmnopqrstuvwxyzi2</sup>	2,32 <sup>ghijklmnopqrstuvwxyzi</sup>						
0,5	2,47 <sup>qrstuwxyzi2</sup>	2,41 <sup>nopqrstuvwxyzi2</sup>	2,35 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,04 <sup>cdefghijklmnop</sup>	2,59 <sup>uvwxyzi234</sup>	2,30 <sup>ghijklmnopqrstuwxy</sup>						
1,0	2,60 <sup>uvwxyzi234</sup>	2,68 <sup>xyzi234</sup>	2,21 <sup>efghijklmnopqrstuw</sup>	2,19 <sup>defghijklmnopqrstu</sup>	2,96 <sup>4</sup>	2,41 <sup>nopqrstuvwxyzi2</sup>						
1,5	2,54 <sup>stuvwxyzi234</sup>	2,35 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,21 <sup>defghijklmnopqrstuw</sup>	2,12 <sup>cdefghijklmnopqr</sup>	2,92 <sup>34</sup>	2,46 <sup>qrstuvwxyzi2</sup>						
2,0	2,38 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi2</sup>	2,78 <sup>234</sup>	2,39 <sup>klmnopqrstuvwxyzi2</sup>	2,18 <sup>defghijklmnopqrst</sup>	2,66 <sup>vxyzi234</sup>	1,98 <sup>cdefghijk</sup>						
2,5	1,92 <sup>bcdefgh</sup>	2,28 <sup>fghijklmnopqrstuwxy</sup>	2,54 <sup>stuvwxyzi234</sup>	2,02 <sup>cdefghijklmn</sup>	2,25 <sup>efghijklmnopqrstuw</sup>	2,56 <sup>tuwxyzi234</sup>						
5,0	2,38 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi2</sup>	2,35 <sup>ijklmnopqrstuvwxyzi</sup>	2,61 <sup>wxyzi234</sup>	2,03 <sup>cdefghijklmno</sup>	2,72 <sup>1234</sup>	1,96 <sup>bcdefghi</sup>						
15,0	2,13 <sup>cdefghijklmnopqrs</sup>	2,30 <sup>ghijklmnopqrstuvwxy</sup>	2,27 <sup>efghijklmnopqrstuwxy</sup>	2,15 <sup>defghijklmnopqrst</sup>	1,97 <sup>cdefghij</sup>	2,15 <sup>defghijklmnopqrst</sup>						
30,0	1,98 <sup>cdefghijkl</sup>	2,01 <sup>cdefghijklmn</sup>	1,91 <sup>bcdefg</sup>	1,73 <sup>bc</sup>	1,97 <sup>cdefghi</sup>	2,44 <sup>opqrstuvwxyzi2</sup>						
50,0	1,14 <sup>a</sup>	1,80 <sup>bcd</sup>	1,87 <sup>bcdef</sup>	1,55 <sup>ab</sup>	1,86 <sup>bcde</sup>	2,02 <sup>cdefghijklmn</sup>						

Objaśnienia jak w tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1

Wyniki oceny sensorycznej badanych olejów wykazały występowanie zależności pomiędzy zawartością koncentratu oleju rybiego a wyczuwalnością posmaku rybiego i smakowitością prób. W olejach o niewielkiej zawartości koncentratu oleju rybiego (0,1, 0,2 i 0,3%) nie wyczuwało się zmian przez cały 12-tyg. okres przechowywania. Przy 0,4 i 0,5% dodatku koncentratu oleju rybiego odnotowano bardzo słaby posmak obcy w 9. tyg. trwania testu. W pierwszym i drugim tygodniu przechowywania wszystkie oleje charakteryzowały się dobrą jakością sensoryczną, a zapach i posmak rybi były bardzo lekko wyczuwalne w próbie o zawartości 0,4% koncentratu oleju rybiego. W miarę zwiększania się dodatku tego oleju intensywność posmaku i zapachu rybiego wzrastała, ale były one typowe dla świeżego oleju rybiego.

Większy dodatek koncentratu oleju rybiego powodował istotny wzrost wyczuwalności posmaku rybiego i pogorszenie smakowitości prób. Przy 5% dodatku koncentratu oleju rybiego intensywność zapachu i smaku była duża, ale największą intensywnością charakteryzowały się próbki z 15 i 30% dodatkiem. W żadnej z próbek nie wykryto zapachu jełkiego. Nie stwierdzono także występowania korelacji między dodatkiem koncentratu oleju rybiego a klarownością i konsystencją prób.

Analiza zmian smaku mieszanin oleju rzepakowego z olejem lnianym podczas testu przechowalniczego wykazała, że dodatek kwasów tłuszczowych omega-3 w ilości do 0,3% nie powodował wyczuwalności posmaku trawiastego nawet po 12 tygodniach przechowywania. Przy 0,4% dodatku kwasów tłuszczowych omega-3, lekki posmak trawiasty ujawnił się w 12. tyg., a przy 0,5 i 1% po 4 tyg. W pozostałych przypadkach posmak trawiasty był wyczuwalny już od początku testu, nabierając intensywności podczas upływu kolejnych tygodni.

Podczas analizy smaku do wielkości dodatku kwasów tłuszczowych omega-3 równej 0,3% nie był wyczuwalny zapach trawiasty. W przypadku dodatku kwasów tłuszczowych omega-3 na poziomie 0,4%, zapach trawiasty był wyczuwalny dopiero po 12 tyg., a przy 0,5% dodatku po 6 tyg. W pozostałych przypadkach zapach trawiasty pojawiał się już na początku testu przechowalniczego nabierając intensywności z każdym upływającym tygodniem badań.

Barwa oleju rzepakowego przy małych dawkach koncentratu oleju rybiego (od 0,1 do 1%) nie zmieniała się, a powstałe mieszaniny olejów przyjmowały barwę oleju rzepakowego. Im większy był dodatek koncentratu oleju rybiego, tym barwa stawała się bardziej intensywna. Te zmiany utrzymywały się podczas całego 12-tyg. okresu przechowywania próbek.

Podczas trwania całego testu przechowalniczego barwa próbek oleju wzbogaczonego 0,5% dodatkiem kwasów tłuszczowych omega-3 zawartych w oleju lnianym nie ulegała zmianie i była charakterystyczna dla czystego oleju rzepakowego. Powyżej 1% dodatku badanych kwasów obserwowano tendencję zmiany barwy aż do intensywnie pomarańczowej, charakterystycznej dla oleju lnianego. W obrębie poszczególnych

wielkości dodatków kwasów tłuszczowych omega-3 (w postaci oleju lnianego), w teście przechowalniczym nie odnotowano żadnych zmian barwy próbek w stosunku do początkowej ich barwy.

Oleje rzepakowe wzbogacone w kwasy tłuszczowe omega-3 pochodzące z koncentratu oleju rybiego, na poziomie 0,4%, czy kwas  $\alpha$ -linolenowy, pochodzący z oleju lnianego, na poziomie 0,5% tych kwasów mogą stać się nowym produktem na rynku żywności funkcjonalnej, ale konieczne jest zastosowanie odpowiednich przeciwutleniaczy.

### Wnioski

1. Wskaźniki zmian oksydacyjnych nie wykazują istotnych zmian w całym zakresie dodatku koncentratu oleju rybiego oraz lnianego do oleju rzepakowego w okresie 12-tygodniowego przechowywania. Należy podkreślić, że wartość liczby nadtlenkowej nie przekraczała w żadnym przypadku wartości 5 milirównoważników tlenu/kg oleju, czyli maksymalnej wartości, jaką mogą charakteryzować się rafinowane oleje rzepakowe, aby mogły być przeznaczone do konsumpcji.
2. Smak i zapach rybi, oceniony sensorycznie, jest wyczuwalny już przy dodatku kwasów tłuszczowych omega-3 na poziomie 0,4%. W przypadku oleju lnianego, smak i zapach wyczuwalny był na poziomie 0,5% dodatku.
3. Najmniejszą stabilność wykazały oleje z 15 i 30% zawartością koncentratu oleju rybiego, wykazując o ponad połowę mniejszą stabilność w stosunku do oleju lnianego z tym samym dodatkiem kwasów tłuszczowych omega-3

### Literatura

- [1] Ahmad J.I.: Omega-3 fatty acids - the key to longevity. Food Sci. Technol. Today. 1998, **12** (3), 139-144.
- [2] Barylko-Pikielna N.: Zarys analizy sensorycznej żywności, WNT. Warszawa 1975.
- [3] Bartnikowska E., Obiedziński M.W.: Nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny omega-3. Cz..I: Struktura, źródła, oznaczanie, przemiany w organizmie. Roczniki PZH, 1997, **48** (4), 381-397.
- [4] Bryhn M.: Food for thoughts - marine omega-3 fatty acids and mental health. Inn. Food Technol., 2001, **12**, 52, 54, 56.
- [5] Cherian G., Sim J.S.: Effect of feeding full fat canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs embryos, and newly hatched chicks. Poultry Sci., 1991, **70** (4), 917-922.
- [6] Cohen Z., Norman H.A., Heimer Y. M.: Microalgae as a source of omega3 fatty acids. World Rev. Nutr. Diet., 1995, **77**, 1-31.
- [7] Connor W.E.: The beneficial effects of omega-3 fatty acids: cardiovascular disease and neurodevelopment. Curr. Opin. Lipidol., 1997, **8**, 1-3.
- [8] Drevon C.A.: Marine oils and their effects. Nutr. Rev., 1992, **4** (2), 38-45.
- [9] Dyerberg J., Bang H.O., Hjorne N.: Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos, Am. J. Clin. Nutr., 1975, **28**, 958.

- [10] Ferrier L.K.: Alfa linolenic acid and docosahexanoic acid enriched eggs from hens fed flaxseed: influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1995, **62 (1)**, 81-86.
- [11] Fomuso L.B., Corredig M., Akoh C.C.: Effect of emulsifier on oxidation properties of fish oil - based structured lipid emulsions. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50 (10)**, 2957-2961.
- [12] Henderson R.A., Jensen R.G.: Effect of fish oil on the fatty acids composition of human milk and maternal and infant erythrocytes. *Lipids*, 1992, **27 (11)**, 863-868.
- [13] Kolanowski W.: Olej rybi jako źródło kwasów tłuszczowych omega-3 - znaczenie zdrowotne i wzbogacanie żywności. *Przem. Spoż.*, 2000, **54 (9)**, 56- 58.
- [14] Kolanowski W., Świdorski F., Hoffmann M.: Możliwości wzbogacenia wybranych produktów spożywczych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe z grupy n-3 (n-3 PUFA), stosując olej rybny. *Żyw. Człow. Met.*, 1997, **24 (2)**, 13-26.
- [15] Lauritzen D.: Food enrichment with marine omega-3 fatty acids. *Food Ingr.*, 1994, **(1/2)**, 41-44.
- [16] Linko Y.Y., Hayakawa K.: Docosahexanoic acids: a valuable nutraceutical?. *Trends Food Sci. Technol.*, 1996, **7 (2)**, 59-62.
- [17] Nettleton J. A.: Omega-3 fatty acids and health. Chapman&Hall, New York 1995.
- [18] Newton J.S.: Long chain fatty acids in health and nutrition. *J. Food Lipids*, 1996, **31(3)**, 233-249.
- [19] PN-ISO 3960:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczenie liczby nadtlenukowej.
- [20] PN-ISO 6885:2001. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Oznaczenie liczby anizydynowej.
- [21] PN-ISO 6886:1997. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczenie stabilności oksydatywnej (test przyspieszonego utlenienia)
- [22] Sanders T.A.B.: Marine oils – metabolic effects and role in human nutrition. *Proc. Nutr. Soc.*, 1993, **52 (3)**, 457-472.
- [23] Spiller G.A. (red): Handbook of lipids in human nutrition. CRC Press, New York 1996, pp. 51-73.
- [24] Suzuki H.: Health effects of fish oil. *J. Jap. Oil Chem. Soc.*, 1999, **48 (10)**, 1017-1024.
- [25] Ziemiański Ś.: Fizjologiczna rola kwasów tłuszczowych n-6 i n-3 w ustroju człowieka, ze szczególnym uwzględnieniem profilaktyki cywilizacyjnych chorób metabolicznych. *Mat. Sympozjum „Olej z nasion wiesiołka i inne oleje zawierające kwasy tłuszczowe n-6 lub n-3 w profilaktyce i terapii”*, Sulejów 15-16 maja 1998.
- [26] Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J.: Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy. *Czynniki Ryzyka*, 1993, **2 (2)**, 55-63.
- [27] Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J.: Współczesne poglądy na rolę fizjologiczną wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3. *Żyw. Człow. Met.*, 1992, **19 (2)**, 100-113.

#### THE ANALYSIS OF OXIDATIVE AND SENSORY CHANGES IN MIXTURES OF RAPESEED OIL AND CONCENTRATED FISH OIL, OR RAPESEED AND FLAXSEED OILS

##### S u m m a r y

It is possible to enhance the consumption of pro-health polyene fatty acids from an omega-3 group by adding them to some food products. Such a product is rapeseed oil. It can be naturally enriched using the above named components owing to its chemical affinity. Concentrated fish oil or flaxseed oil, a rich source of omega-3 fatty acids, can be used to enrich rapeseed oil.

The objective of this analysis was to assess the effect of omega-3 fatty acids, contained in concentrated fish oil and flaxseed oil, on the oxidative and sensory changes in mixtures made of these two types of oil,

when the omega-3 fatty acids are added to rapeseed oil. Samples of rapeseed oil enriched by the mixtures as described above underwent a special storage ability test. The samples were stored over 12 weeks, and during this period, peroxide (LOO) and anisidine (LA) values were measured.

It was stated that at the beginning of storage, during a few weeks, the LOO value of the mixtures investigated increased, and, then, began to decrease. The decrease was mild, but progressing. It was also found that the higher the amount of omega-3 fatty acids in the mixture, the higher the decrease in the LOO value. This general tendency was the same for both the concentrated fish oil and the flaxseed oil, however, the LOO values of the rapeseed oil + concentrated fish oil mixtures were higher. The LOO value never exceeded a level of 5 milli-equivalents oxygen/kg oil, i.e. the maximum value of any refined rapeseed oil regarded fit for human consumption.

The increase in LA of the studied mixtures containing concentrated fish oil was almost linear, and, it progressed along with adding the omega-3 fatty acids. As for the mixtures of rapeseed and flaxseed oils, the LA level remained constant or it insignificantly decreased when omega-3 fatty acids were added. When the storage-ability test was performed, the LA value increased in the mixtures containing both the concentrated fish oil and flaxseed oil; the increase continued over for weeks of storing the mixtures, up to the maximum level, and, after this period, it began to slowly decrease, and, it kept decreasing during the next weeks of storing the mixtures.

**Key words:** omega-3 fatty acids, rapeseed oil, concentrated fish oil, flaxseed oil, oxidative stability. ☒