

MARIA SIELICKA, MARIA MAŁECKA

## **ZNACZENIE CECH SENSORYCZNYCH I FIZYKOCHEMICZNYCH W WYZNACZANIU TRWAŁOŚCI OLEJU LNIANEGO TŁOCZONEGO NA ZIMNO**

### **Streszczenie**

Celem niniejszej pracy była ocena zmian cech sensorycznych i fizykochemicznych w kontekście ich przydatności do wyznaczania trwałości olejów lnianych tłoczonych na zimno. Materiał doświadczalny stanowiły oleje otrzymane z dwóch odmian nasion lnu: wysokolinolenowej ‘Oliwin’ oraz niskolinolenowej ‘Linola’. Oleje poddano badaniom fizykochemicznym oraz sensorycznym podczas przechowywania w warunkach praktycznego składowania w temperaturze 5 i 25 °C przez 112 dni. Oceniano intensywność smaku gorzkiego, nut smakowitości: orzechowej, utlenionej i trawiastej oraz określano ocenę ogólną z zastosowaniem metody ilościowej analizy opisowej (QDA).

W przeprowadzonych badaniach przechowalniczych olejów lnianych nie zaobserwowano intensywnych zmian oksydacyjnych mierzonych zawartością produktów utleniania: pierwotnych (poziom nadtlenuków w próbkach nie przekroczył  $4,59 \pm 0,08$  meq  $O_2/kg$ ) i wtórnych (maksymalna wartość liczby anizydynowej wyniosła  $2,64 \pm 0,01$ ). Stwierdzono istotne zmiany profilu smakowitości oraz obniżenie oceny ogólnej próbek. Smak gorzki olejów lnianych uległ najbardziej znaczącym zmianom w porównaniu z innymi wyróżnikami sensorycznymi (ponad 8-krotny wzrost intensywności w przypadku oleju ‘Linola’ przechowywanego w temperaturze 25 °C) i był najsilniej ujemnie skorelowany z oceną ogólną olejów ( $r = -0,976$ ). Trwałość poszczególnych olejów lnianych, wyznaczona na podstawie akceptowanego poziomu gorzkości, wyniosła od 42 do 112 dni i była uzależniona od warunków przechowywania oleju oraz odmiany nasion, z której uzyskano olej.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że do wyznaczania trwałości oleju lnianego tłoczzonego na zimno bardziej przydatna jest ocena sensoryczna niż analiza cech fizykochemicznych.

**Słowa kluczowe:** olej lniany tłoczony na zimno, smak gorzki, stabilność oksydacyjna, trwałość, metoda ilościowej analizy opisowej (QDA)

## Wprowadzenie

Zmiany jakości produktów żywnościowych podczas przechowywania są wynikiem procesów, które prowadzą do modyfikacji struktury poszczególnych składników żywności i powstawania związków wpływających na właściwości sensoryczne, fizykochemiczne, wartość odżywczą i w efekcie przydatność do spożycia produktów. Wyznaczanie trwałości produktu jest złożone, ponieważ charakter i nasilenie niekorzystnych przemian w dużej mierze zależy od jego właściwości fizykochemicznych, zastosowanego opakowania oraz warunków przechowywania. Jednym z głównych procesów ograniczających trwałość żywności jest utlenianie kwasów tłuszczowych [8]. W opinii Frankela [7], najskuteczniejszą metodą określania stabilności oksydacyjnej i okresu trwałości tłuszczów oraz produktów tłuszczowych jest analiza sensoryczna, a za nią kolejno: analiza związków lotnych > oznaczanie liczby nadtlenkowej > oznaczanie stężenia produktów peroksydacji lipidów reagujących z kwasem tiobarbiturowym (test TBARS) > oznaczanie potencjału antyoksydacyjnego w układzie  $\beta$ -karoten/kwas linolowy > test Rancimat. Broadbent i Pike [2] uważają, że wyniki analizy sensorycznej przeprowadzonej przez przeszkolony zespół ekspertów stanowią właściwy wskaźnik jakości olejów.

Podjęmowano próby oceny trwałości produktów bogatych w tłuszcze na podstawie prowadzonych równolegle badań fizykochemicznych i sensorycznych [2, 16, 22]. Zauważyć można zróżnicowany stopień korelacji wyników w zależności od badanego produktu i parametru oceny. W badaniach Samoty [22] ocena akceptacji konsumenciej przechowywanych rafinowanych olejów: rzepakowego i słonecznikowego była uzależniona od produktu i nie pokrywała się z wynikami oznaczeń chemicznych świadczących o przydatności oleju do spożycia. Ponadto większość badań nad trwałością produktów przeprowadza się z zastosowaniem testów przyspieszonego utleniania [12, 15], a przełożenie otrzymanych wyników na warunki praktycznego przechowywania, zalecanego przez producentów, może być nieadekwatne [11].

Olej lniany tłoczony na zimno jest cennym źródłem polienowych kwasów tłuszczowych, w szczególności kwasu  $\alpha$ -linolenowego, który stanowi zazwyczaj 50 ÷ 60 % sumy kwasów tłuszczowych [14]. Świeży, tłoczony na zimno olej lniany uzyskany z nasion dobrej jakości charakteryzuje się złotą barwą, łagodnym zapachem oraz przyjemną orzechową nutą smakowitości. W trakcie przechowywania zachodzą niekorzystne zmiany cech sensorycznych polegające na powstawaniu smaku gorzkiego, co ogranicza przydatność oleju do spożycia. Zdaniem niektórych autorów [1, 3, 4], narastająca gorzkość oleju lnianego spowodowana jest utlenianiem metioniny we frakcji cyklolinopeptydów.

Celem niniejszej pracy była ocena zmian cech sensorycznych i fizykochemicznych w kontekście ich przydatności do wyznaczenia trwałości olejów lnianych tłoczonych na zimno podczas przechowywania w warunkach praktycznego składowania.

### Material i metody badań

Przedmiotem badań były oleje lniane tłoczone na zimno z dwóch odmian nasion lnu: wysokolinolenowej ‘Oliwin’ (próbka WL) oraz niskolinolenowej ‘Linola’ (próbka NL), otrzymane od producenta bezpośrednio po wytłoczeniu. Deklarowany przez producenta termin przydatności do spożycia olejów wynosił 3 i 6 miesięcy w przypadku próbek odpowiednio: WL i NL.

Oleje przechowywano w symulowanych warunkach półki sklepowej, tj. w temp.  $25 \pm 0,5$  °C, w szczelnie zamkniętych butelkach o pojemności 150 cm<sup>3</sup> wykonanych z ciemnego szkła, zamkniętych nakrętkami z tworzywa sztucznego. Próbki do analiz pobierano bezpośrednio przed badaniem, a następnie wykluczano je z doświadczenia. W drugim wariantcie przechowywania, w tzw. warunkach konsumenckiego użytkowania, oleje składowano w temperaturze chłodniczej  $5 \pm 0,5$  °C, w butelkach o pojemności 1000 cm<sup>3</sup> wykonanych z ciemnego szkła, zamkniętych nakrętkami z tworzywa sztucznego. Typowe warunki konsumenckiego użytkowania symulowano poprzez wyjmowanie butelek z chłodziarki co 3 ÷ 4 dni, ich przetrzymywanie przez 15 min w temperaturze pokojowej i pobieranie każdorazowo 5 cm<sup>3</sup> oleju.

W trakcie przechowywania olejów monitorowano zawartość pierwotnych produktów utleniania – oznaczano liczbę nadtlenkową (LOO) [20] co 14 dni oraz zawartość wtórnych produktów utleniania – oznaczano liczbę anizydynową (LA) [18] co 28 dni. Obliczano wskaźnik oksydacji tłuszczu Totox [18]. Częstotliwość pomiarów dobrano na podstawie wstępnych badań.

Oznaczano skład kwasów tłuszczowych olejów po uprzednim otrzymaniu estrów metylowych kwasów tłuszczowych (z wykorzystaniem metanolanu sodu) przy użyciu chromatografu gazowego HP 5890 Series II, firmy Hewlett-Packard (USA), wyposażonego w detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) i polarną kolumnę Supelcowax-10 (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm), zgodnie z metodą opisaną przez Wąsowicza i Kamińskiego [24]. W celu scharakteryzowania materiału doświadczonego oznaczono także liczbę kwasową (LK) zgodnie z PN-EN ISO 660:2005 [17].

Analizę sensoryczną próbek oleju lnianego w odstępach 14-dniowych przeprowadzał 11-osobowy zespół oceniających, przeszkolonych zgodnie z normami przedmiotowymi [19]. W badaniach stosowano metodę ilościowej analizy opisowej (ang. *Quantitative Descriptive Analysis* – QDA) [21]. Do profilowej oceny smakowości oleju lnianego wybrano charakterystyczne składowe tego wyróżnika: orzechową, utlenioną i trawiastą (w pracy nazywane nutami smakowymi) oraz smak gorzki. Ocenę intensywności każdego wyróżnika przeprowadzano z wykorzystaniem skali liniowej o długości 10 cm (przyjętą jako 10 jednostek umownych, j.u.) z oznaczonymi określeniami brzegowymi (lewy brzeg – cecha niewyczuwalna, prawy brzeg – cecha bardzo intensywna). Ponadto zespół określał ocenę ogólną każdej próbki, również z wykorzystaniem 10-centymetrowej skali liniowej z oznaczonym początkiem i końcem. W celu

porównania wyników między sesjami ocen oraz bieżącej weryfikacji wrażliwości sensorycznej oceniających, w każdym zestawie umieszczano przez cały okres trwania badania zakodowaną próbkę odniesienia, którą stanowił olej z nasion odmiany ‘Oliwin’, przechowywany w warunkach zamrażalniczych ( $-20 \pm 0,5$  °C).

Każdorazowo oceniającym zadawano pytanie, czy wyczuwalny poziom gorzkości stanowi podstawę do odrzucenia danej próbki. Gdy podczas dwóch kolejnych sesji ponad połowa zespołu oceniającego udzieliła twierdzącej odpowiedzi, próbkę eliminowano z dalszych badań sensorycznych. Po 112 dniach odrzucono ostatnią próbkę i zakończono zarówno badania sensoryczne, jak i fizykochemiczne.

Uzyskane wyniki opracowano przy użyciu programu Statistica 10 oraz IBM SPSS Statistics 21. Wyznaczono podstawowe statystyki opisowe, przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Do zweryfikowania istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi zastosowano test Tukeya. Ponadto wykonano analizę korelacji. Testowanie prowadzono na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

### *Charakterystyka olejów lnianych*

Profil kwasów tłuszczowych jest jednym z czynników determinujących właściwości i trwałość olejów. Skład kwasów tłuszczowych badanych olejów (tab. 1) był typowy dla surowców, z których je otrzymano i był zgodny z danymi literaturowymi [5, 9, 14]. Udział kwasu  $\alpha$ -linolenowego w oleju wysokolinolenowym ‘Oliwin’ (WL) wyniósł 53,9 %, a kwasu linolowego – 17,2 %. Z kolei olej lniany z nasion odmiany niskolinolenowej ‘Linola’ (NL) zawierał 3,4 % kwasu  $\alpha$ -linolenowego oraz 70,1 % kwasu linolowego. Oleje charakteryzowały się dużą zawartością polienowych kwasów tłuszczowych, odpowiednio: 71,1 % i 73,5 %.

Zawartość pierwotnych produktów oksydacji w świeżych olejach lnianych była niewielka i wyniosła w oleju WL  $1,17 \pm 0,00$  meq  $O_2$ /kg, a w oleju NL była statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) mniejsza –  $0,56 \pm 0,02$  meq  $O_2$ /kg (tab. 1). Wartości liczby nadtlenkowej badanych olejów nie przekraczały dopuszczalnego poziomu 15 meq  $O_2$ /kg, określonego dla olejów tłoczonych na zimno w Kodeksie Żywnościowym [6]. Wartość liczby anizydynowej (LA) była niska i wyniosła  $0,67 \pm 0,00$  w próbce NL i  $1,28 \pm 0,08$  – w próbce WL (tab. 1), co zgodnie z wytycznymi ( $LA \leq 2$ ), które zaproponowali Subramanian i wsp. [23], oznacza oleje dobrej jakości.

Zawartość wolnych kwasów tłuszczowych w badanych olejach wyniosła  $1,35 \div 1,51$  mg KOH/g na statystycznie istotnym poziomie, spełniającym wymagania Kodeksu Żywnościowego dotyczące olejów i tłuszczów tłoczonych na zimno (wartość poniżej 4,0 mg KOH/g) [6].

Tabela 1. Charakterystyka badanych olejów lnianych tłoczonych na zimno  
Table 1. Profile of cold-pressed flaxseed oils analyzed

Parametr / Parameter	WL	NL
Skład kwasów tłuszczowych / Fatty acid composition [%]		
C16:0	5,8	6,5
C18:0	4,0	3,6
C18:1	18,9	16,2
C18:2 (n-6)	17,2	70,1
C18:3 (n-3)	53,9	3,4
C20:0	0,1	0,1
C20:1	0,1	0,1
Σ nasycone / Σ saturated	9,9	10,2
Σ monoenowe / Σ monoenoic	19,0	16,3
Σ polienowe / Σ polienoic	71,1	73,5
Liczba nadtlenkowa / Peroxide value [meq O <sub>2</sub> /kg]	1,17 <sup>b</sup> ± 0,00	0,56 <sup>a</sup> ± 0,02
Liczba anizydynowa / Anisidine value [unit]	1,28 <sup>b</sup> ± 0,08	0,67 <sup>a</sup> ± 0,00
Totox / Totox index [unit]	3,62 <sup>b</sup>	1,79 <sup>a</sup>
Liczba kwasowa / Acid value [mg KOH/g]	1,35 <sup>a</sup> ± 0,05	1,51 <sup>a</sup> ± 0,01

Objaśnienia / Explanatory notes:

WL – olej z nasion lnu odmiany wysokooleinowej ‘Oliwin’ / oil produced from ‘Oliwin’ high-linolenic acid flaxseed var; NL – olej z nasion lnu odmiany niskooleinowej ‘Linola’ / oil produced from ‘Linola’ low-linolenic acid flaxseed var; a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w wierszach różnią się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) / mean values denoted with different letters within lines differ statistically significantly ( $p < 0,05$ ); n = 4.

### Profil smakowitości olejów lnianych

Profil smakowitości świeżych olejów lnianych WL i NL był zbliżony, z wyjątkiem intensywności smaku gorzkiego. Intensywność nuty orzechowej olejów WL i NL, w skali od 1 do 10, wynosiła odpowiednio: 4,1 j.u. i 4,0 j.u., nuty trawiastej – 2,3 j.u. i 3,3 j.u., a nuty utlenionej – 0,7 j.u. i 1,1 j.u. (rys. 1 A, 1 B, 1 C). Różnice pomiędzy intensywnością poszczególnych nut obydwu próbek były statystycznie nieistotne ( $p > 0,05$ ). W przypadku smaku gorzkiego istotnie ( $p < 0,05$ ) wyższą intensywnością charakteryzował się olej o dużej zawartości kwasu linolenowego (2,6 j.u.) w porównaniu z olejem z odmiany ‘Linola’ (1,1 j.u.) (rys. 1 D). Brühl i wsp. [3] stwierdzili, że w świeżo wytłoczonych olejach lnianych smak gorzki pojawia się już po 1 dniu od produkcji. Również w badaniach własnych stwierdzono smak gorzki na wy-

czuwalnym poziomie. Ocena ogólna próbki WL wyniosła 4,4 j.u., a próbki NL – 5,2 j.u. (rys. 2).

#### *Wpływ przechowywania na zmiany oksydacyjne olejów lnianych*

Zawartość pierwotnych produktów oksydacji w badanych olejach kształtowała się na niskim poziomie (tab. 2). Zaobserwowano nieznaczny wzrost zawartości nadtlenków podczas przechowywania, ale żadna z próbek nie przekroczyła dopuszczalnej wartości liczby nadtlenkowej (15 meq O<sub>2</sub>/kg) [6]. Mała zawartość nadtlenków w przechowywanych olejach lnianych może być związana z ich właściwościami schnącymi i tworzącą się cienką warstwą na powierzchni oleju [10]. Równie mało nadtlenków stwierdził Wiesborn [25] po 15 tygodniach przechowywania oleju lnianego w temp. 4 °C (2,2 meq O<sub>2</sub>/kg). Także Mińkowski [13] zaobserwował niewielki wzrost liczby nadtlenkowej, z 0,7 do 1,15 meq O<sub>2</sub>/kg, w oleju wysokolinolenowym po 120 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych.

Analizowane oleje charakteryzowały się podczas 112 dni przechowywania niskim poziomem liczby anizydynowej, który nie przekroczył wartości 2,64 ± 0,01 (tab. 2). Małą zawartość wtórnych produktów utleniania w przechowywanych olejach lnianych, potwierdzona także w badaniach Aladedunye i wsp. [1] oraz Mińkowskiego [13], jest zapewne bezpośrednio związana z niewielką zawartością nadtlenków, które są prekursorami wtórnych produktów utleniania.

Tabela 2. Wartości liczby nadtlenkowej, liczby anizydynowej oraz wskaźnika Totox w olejach lnianych tłoczonych na zimno, przechowywanych w temperaturze 25 i 5 °C

Table 2. Peroxide value, p-anisidine value, and Totox index value of cold-pressed flaxseed oils stored at temperature of 25 °C and 5 °C

Czas [dni] Time period [days]	Próbka / Sample			
	WL 25 °C	NL 25 °C	WL 5 °C	NL 5 °C
Liczba nadtlenkowa / Peroxide value [meq O <sub>2</sub> /kg]				
0	1,17 <sup>a</sup> ± 0,00	0,56 <sup>a</sup> ± 0,02	1,17 <sup>a</sup> ± 0,00	0,56 <sup>a</sup> ± 0,02
14	1,58 <sup>a</sup> ± 0,05	0,59 <sup>ab</sup> ± 0,00	1,23 <sup>a</sup> ± 0,06	0,60 <sup>ab</sup> ± 0,01
28	2,85 <sup>b</sup> ± 0,11	0,69 <sup>ab</sup> ± 0,00	1,29 <sup>a</sup> ± 0,01	0,60 <sup>ab</sup> ± 0,02
42	3,48 <sup>c</sup> ± 0,15	0,73 <sup>b</sup> ± 0,04	1,33 <sup>a</sup> ± 0,02	0,61 <sup>ab</sup> ± 0,05
56	3,60 <sup>c</sup> ± 0,23	0,72 <sup>b</sup> ± 0,06	1,66 <sup>b</sup> ± 0,09	0,63 <sup>ab</sup> ± 0,07
70	3,65 <sup>c</sup> ± 0,01	0,94 <sup>c</sup> ± 0,00	1,87 <sup>b</sup> ± 0,12	0,64 <sup>ab</sup> ± 0,06
84	4,16 <sup>d</sup> ± 0,09	1,23 <sup>d</sup> ± 0,07	1,86 <sup>b</sup> ± 0,09	0,63 <sup>ab</sup> ± 0,03
98	4,33 <sup>de</sup> ± 0,01	1,36 <sup>d</sup> ± 0,01	1,91 <sup>b</sup> ± 0,05	0,63 <sup>ab</sup> ± 0,07
112	4,59 <sup>e</sup> ± 0,08	1,58 <sup>e</sup> ± 0,00	2,36 <sup>c</sup> ± 0,01	0,76 <sup>b</sup> ± 0,00

Czas [dni] Time period [days]	Próbka / Sample			
	WL 25 °C	NL 25 °C	WL 5 °C	NL 5 °C
Liczba anizydynowa / Anisidine value [unit]				
0	1,28 <sup>a</sup> ± 0,08	0,67 <sup>b</sup> ± 0,00	1,28 <sup>ab</sup> ± 0,08	0,67 <sup>c</sup> ± 0,00
28	1,30 <sup>a</sup> ± 0,01	0,57 <sup>b</sup> ± 0,01	1,43 <sup>b</sup> ± 0,01	0,57 <sup>b</sup> ± 0,01
56	1,63 <sup>b</sup> ± 0,00	0,27 <sup>a</sup> ± 0,04	1,16 <sup>a</sup> ± 0,00	0,57 <sup>b</sup> ± 0,04
84	1,82 <sup>c</sup> ± 0,01	0,24 <sup>a</sup> ± 0,06	1,19 <sup>a</sup> ± 0,04	0,46 <sup>a</sup> ± 0,03
112	2,64 <sup>d</sup> ± 0,01	0,25 <sup>a</sup> ± 0,01	1,18 <sup>a</sup> ± 0,04	0,52 <sup>ab</sup> ± 0,00
Totox / Totox index				
0	3,62	1,79	3,62	1,79
28	7,00	1,96	4,01	1,76
56	8,83	1,51	4,48	1,83
84	10,13	2,70	4,91	1,72
112	11,82	3,41	5,89	2,04

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak pod tab. 1. / Explanations of symbols as in Tab. 1. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Tab. shows mean values ± standard deviations; n = 4;

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnach różnią się statystycznie istotnie (p < 0,05) / mean values denoted with different letters within columns differ statistically significantly (p < 0.05).

Na podstawie wartości liczb nadtlenu i anizydynowej wyliczono wskaźnik Totox, który w sposób umowny wyraża ogólny stopień utlenienia olejów. Wartość wskaźnika Totox na poziomie 10 wyznacza akceptowaną jakość olejów jadalnych [26]. Stwierdzono, że jedynie w próbce oleju WL 25 °C przekroczona została ustalona wartość Totox po upływie 84 dni. Pozostałe oleje zachowały dobrą jakość pod względem wskaźników chemicznych przez 112 dni składowania (tab. 2).

#### *Wpływ przechowywania na cechy sensoryczne olejów lnianych*

W trakcie przechowywania stwierdzono zmianę profilu smakowitości badanych olejów uzależnioną od rodzaju oleju i temperatury jego składowania (rys. 1). Przeprowadzona analiza wariancji (tab. 3) wykazała, że intensywność smaku gorzkiego oraz ocena ogólna ulegały statystycznie istotnym (p = 0,05) zmianom między poszczególnymi sesjami we wszystkich badanych olejach. W przypadku nut: orzechowej, utlenionej oraz trawiastej istotne zmiany średnich intensywności między poszczególnymi ocenami stwierdzono tylko w przypadku niektórych próbek.



Tabela 3. Istotność różnic w zakresie intensywności poszczególnych wyróżników olejów lnianych w trakcie przechowywania w temperaturze 25 i 5 °C

Table 3. Significance of differences in intensity of individual attributes of flaxseed oils during storage at temperature of 25 °C and 5 °C

Wyróżnik / Attribute	Próbka / Sample			
	WL 25 °C	NL 25 °C	WL 5 °C	NL 5 °C
Nuta orzechowa / Nutty flavour	0,153	0,467	<b>0,000</b>	<b>0,011</b>
Nuta utleniona / Oxidized flavour	<b>0,001</b>	0,064	<b>0,000</b>	<b>0,004</b>
Nuta trawiasta / Grassy flavour	0,255	0,136	<b>0,002</b>	0,445
Smak gorzki / Bitter taste	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
Ocena ogólna / Overall quality	<b>0,000</b>	<b>0,013</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>

Objaśnienia: / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli jak pod tab. 1. / Explanations of symbols as in Tab. 1.

Pogrubiono istotności < 0,05; zmiana statystycznie istotna / significance < 0.05 is in bold; statistically significant change.

Intensywność nuty orzechowej olejów przechowywanych w temp. 25 i 5 °C malała podczas całego okresu przechowywania (rys. 1 A). Oleje NL charakteryzowały się większą intensywnością nuty orzechowej niż oleje WL, mimo że na początku doświadczenia postrzegana intensywność tego wyróżnika w próbkach była zbliżona.

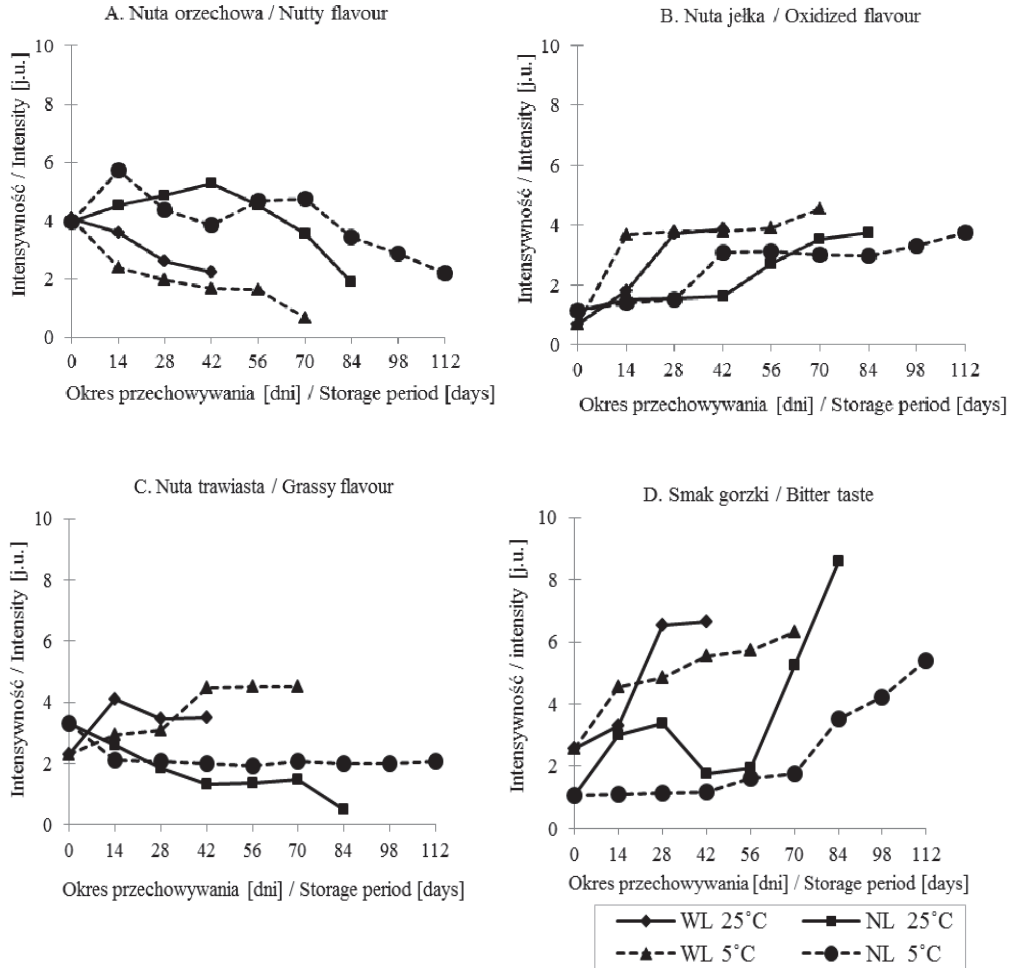
Intensywność nuty utlenionej badanych próbek wzrastała w trakcie przechowywania, zarówno w temp. 25 °C, jak i 5 °C (rys. 1 B), ale nie przekroczyła 4,1 j.u. w żadnej z nich. Stwierdzono, że oleje WL charakteryzowały się wyższą intensywnością nuty utlenionej niż oleje NL w ciągu całego okresu przechowywania.

Intensywność nuty trawiastej zmieniała się w trakcie przechowywania oleju w różnym stopniu i kierunku, w zależności od próbki (rys. 1 C). W próbkach NL odnotowano zmniejszanie intensywności nuty trawiastej, a w próbkach WL – wzrost intensywności tej cechy.

W trakcie przechowywania odczucie smaku gorzkiego ulegało najintensywniejszym zmianom w porównaniu z innymi badanymi wyróżnikami sensorycznymi. W próbkach olejów WL obserwowano wzrost odczuwanej gorzkości przez cały okres składowania, przy czym dynamika zmian była wyższa w przypadku próbek przechowywanych w temp. 25 °C niż w 5 °C. Najwyższy poziom gorzkości osiągnęła próbka NL 25 °C (8,6 j.u.).

W oleju NL przechowywanym w temp. 5 °C (NL 5 °C) intensywność smaku gorzkiego utrzymywała się przez 42 dni doświadczenia na stałym poziomie – 1,1 ÷ 1,2 j.u., istotnie niższym niż w pozostałych próbkach. Następnie stwierdzono nieznaczny wzrost odczuwanej gorzkości, a po 70 dniach składowania tempo zmian zwiększyło się.

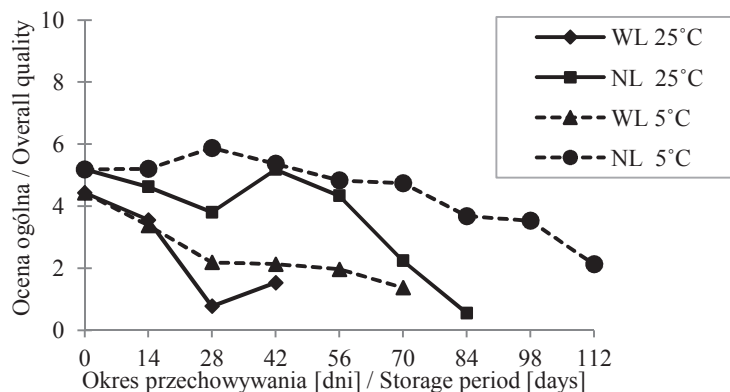




Rys. 1. Intensywność nut: orzechowej (A), utlenionej (B), trawiastej (C) i smaku gorzkiego (D) w olejach lnianych przechowywanych w temperaturze 25 i 5 °C

Fig. 1. Intensity of nutty (A), oxidized (B), and grassy (C) flavours and of bitter taste (D) of flaxseed oils stored at temperature of 25 °C and 5 °C

W czasie przechowywania olejów stwierdzono istotne obniżenie ogólnej jakości sensorycznej próbek, zwłaszcza olejów wysokolinolenowych (WL) – rys. 2. Ocena ogólna olejów była ściśle powiązana z intensywnością ocenianych wyróżników sensorycznych. Najsilniejszą ujemną korelację stwierdzono między intensywnością smaku gorzkiego a oceną ogólną próbek ( $r = -0,98$ ), a najsilniejszą dodatnią korelację między intensywnością nuty orzechowej a oceną ogólną próbek ( $r = 0,83$ ) podczas całego okresu przechowywania.



Rys. 2. Wyniki oceny ogólnej olejów lnianych przechowywanych w temperaturze 25 i 5 °C

Fig. 2. Results of overall assessment of flaxseed oils stored at temperature of 25 °C and 5 °C

Biorąc pod uwagę gorzkość jako kluczowy wyróżnik sensoryczny olejów lnianych, najsilniej skorelowany z oceną ogólną, wyznaczono trwałość próbek na podstawie odczuwanego akceptowanego poziom smaku gorzkiego. Badane oleje wykazały zróżnicowaną trwałość, która kształtowała się wzrastająco: olej lniany WL 25 °C (42 dni) < olej WL 5 °C (70 dni) < olej NL 25 °C (84 dni) < olej NL 5 °C (112 dni). Przechowywanie olejów w warunkach chłodniczych pozwoliło na opóźnienie niekorzystnych zmian profilu smakowitości olejów w porównaniu z przechowywaniem w symulowanych warunkach półki sklepowej.

Wzrost odczuwanej gorzkości w badanym oleju wysokolinolenowym nastąpił znacznie wcześniej niż w oleju niskolinolenowym. Kwas  $\alpha$ -linolenowy utlenia się 20 ÷ 40 razy szybciej niż kwas oleinowy i 2 ÷ 4 razy szybciej niż kwas linolowy [8]. Olej WL zawierał znaczne ilości kwasu  $\alpha$ -linolenowego, przez co utlenianie zachodziło szybciej niż w oleju NL. Zatem prawdopodobnie niekorzystne zmiany cech sensorycznych są związane z wysoką zawartością kwasu  $\alpha$ -linolenowego, chociaż nie zaobserwowano w olejach nagromadzenia się pierwotnych ani wtórnych produktów utleniania.

## Wnioski

1. W olejach lnianych (wysoko- i niskolinolenowym) przechowywanych w temperaturze 25 °C oraz 5 °C przez 112 dni nie stwierdzono intensywnego przebiegu zmian oksydacyjnych mierzonych zawartością pierwotnych i wtórnych produktów utleniania, natomiast zaobserwowano istotne niekorzystne zmiany profilu smakowitości oraz ogólnej jakości sensorycznej próbek. Stwierdzono obniżenie intensywności nuty orzechowej i oceny ogólnej oraz wzrost intensywności smaku gorzkiego i nuty utlenionej we wszystkich badanych olejach.

2. Intensywność smaku gorzkiego olejów lnianych podczas przechowywania uległa najbardziej znaczącym zmianom w porównaniu z innymi badanymi wyróżnikami sensorycznymi. Smak gorzki był najsilniej ujemnie skorelowany z oceną ogólną olejów ( $r = -0,98$ ).
3. Trwałość poszczególnych olejów lnianych, wyznaczona na podstawie akceptowanego poziomu gorzkości, była zróżnicowana (od 42 do 112 dni) i uzależniona od warunków przechowywania oleju oraz odmiany nasion, z której uzyskano olej.
4. Do wyznaczania trwałości oleju lnianego tłoczonego na zimno bardziej przydatna jest analiza sensoryczna niż ocena cech fizykochemicznych. Wartości oznaczonych parametrów LOO, LA nie przekroczyły dopuszczalnego poziomu do końca trwania eksperymentu (112 dni).

*Publikacja finansowana z tematu „Kształtowanie stabilności oksydacyjnej oleju lnianego tłoczonego na zimno” (nr 51103-446, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu)*

### Literatura

- [1] Aladedunye F., Sosińska E., Przybylski R.: Flaxseed cyclolinopeptides: analysis and storage stability. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2013, **90** (3), 419-428.
- [2] Broadbent C.J., Pike O.A.: Oil stability index correlated with sensory determination of oxidative stability in canola oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2003, **80**, 59-63.
- [3] Brühl L., Matthäus B., Fehling E., Wiege B., Lehmann B., Luftmann H., Bergander K., Quiroga K., Scheipers A., Frank O., Hofmann T.: Identification of bitter off-taste compounds in the stored cold pressed linseed oil. *J. Agric. Food Chem.*, 2007, **55** (19), 7864-7868.
- [4] Brühl L., Matthäus B., Scheipers A., Hofmann T.: Bitter off-taste in stored cold-pressed linseed oil obtained from different varieties. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2008, **110**, 625-631.
- [5] Choo W.-S., Birch J., Dufour J.-P.: Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *J. Food Compos. Anal.*, 2007, **20**, 202-211.
- [6] Codex Standard 19-1981 Codex Standard for edible fats and oils not covered by individual standards. Amendment 2013.
- [7] Frankel E.N.: In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. *Trends Food Sci. Technol.*, 1993, **4**, 220-225.
- [8] Frankel E.N.: *Lipid Oxidation*, Scotland, The Oily Press, 2005.
- [9] Hosseinian F.S., Rowland G.G., Bhirud P.R., Dyck J.H., Tyler R.T.: Chemical composition and physicochemical and hydrogenation characteristics of high-palmitic acid Solin (low-linolenic acid flaxseed) oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2004, **81** (2), 185-188.
- [10] Juita, Długogorski B.Z., Kennedy E.M., Mackie J.C.: Low temperature oxidation of linseed oil: a review. *Fire Science Reviews*, 2012, **3** (1), 1-36.
- [11] Martín-Polvillo M., Márquez-Ruiz G., Dobarganes M.C.: Oxidative Stability of Sunflower Oils Differing in Unsaturation Degree During Long-Term Storage at Room Temperature. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2004, **81** (6), 577-583.
- [12] Michotte D., Rogez H., Chirinos R., Mignolet E., Campos D., Larondelle Y.: Linseed oil stabilisation with pure natural phenolic compounds, *Food Chem.*, 2011, **129**, 1228-1231.
- [13] Mińkowski K.: Ocena skuteczności działania przeciwutleniaczy w oleju lnianym i ogórecznikowym na podstawie testu Rancimat i badań przechowalniczych. *Tłuszcze Jadalne*, 2005, **40** (1-2), 46-59.

- [14] Mińkowski, K., Grzeńkiewicz, S., Jerzewska, M., Ropelewska, M.: Charakterystyka składu chemicznego olejów roślinnych o wysokiej zawartości kwasów linolenowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **73** (6), 146-157.
- [15] Omar K.A., Shan L., Wang Y.L., Wang X.: Stabilizing flaxseed oil with individual antioxidants and their mixtures. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2010, **112**, 1003-1011.
- [16] Petersen K.D., Kleeberg K.K., Jahreis G., Busch-Stockfisch M., Fritsche J.: Comparison of analytical and sensory lipid oxidation parameters in conventional and high-oleic rapeseed oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2012, **114**, 1193-1203.
- [17] PN-EN ISO 660:2010. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- [18] PN-EN ISO 6885:2008. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- [19] PN-EN ISO 8586:2014-03. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania wybranych oceniających i ekspertów oceny sensorycznej.
- [20] PN-EN ISO 3960:2012. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenujowej. Jodometryczne (wizualne) oznaczanie punktu końcowego.
- [21] PN-ISO 6564:1999. Analiza sensoryczna. Metodologia. Metody profilowania smakowości.
- [22] Samotyja U.: Consumer acceptability studies in shelf-life estimation of rapeseed and sunflower oils, *Acta Alimentaria*, 2015, **44** (1), 60-67.
- [23] Subramanian R., Nandini K.E., Sheila P.M., Gopalakrishna A.G., Raghavarao K.S.M.S., Nakajima M., Kimura T., Maekawa T.: Membrane processing of used frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2000, **77**, 323-328.
- [24] Wąsowicz E., Kamiński E.: Fatty acid composition of „Bebiko” infant formula determined by support-coated open tubular gas chromatography. *Die Nahrung*, 1984, **25** (6), 599-603.
- [25] Wiesenborn D., Kangas N., Tostenson K., Hall III C., Chang K.: Sensory and oxidative quality of screw-pressed flaxseed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2005, **82** (12), 887-892.
- [26] Wroniak M., Kwiatkowska M., Krygier K.: Charakterystyka wybranych olejów tłoczonych na zimno. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 2006, **2** (47), 46-58.

## ROLE OF SENSORY AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES IN DETERMINING SHELF-LIFE OF COLD-PRESSED FLAXSEED OIL

### S u m m a r y

The objective of the research study was to assess the changes in physicochemical and sensory properties in terms of their usefulness in determining the shelf-life of cold-pressed flaxseed oils. The research material consisted of oils produced from two flaxseed varieties: ‘Oliwin’ high-linolenic acid flaxseed var. and ‘Linola’ low-linolenic acid flaxseed var. The oil samples were analyzed for their physicochemical and sensory parameters during the storage under practical conditions at 5 and 25 °C for 112 days. The following was analyzed: intensity of bitter taste; nutty, oxidized, and grassy flavours; the overall quality was also determined with the use of quantitative descriptive analysis (QDA).

In the analyses performed during the storage of flaxseed oils, there were reported no intensive oxidative changes expressed as a content of oxidation products, i.e. of the primary oxidation products (the level of peroxides in the samples did not exceed  $4.59 \pm 0.08$  meq  $O_2/kg$ ) and of the secondary oxidation products (the maximum anisidine value was  $2.64 \pm 0.01$ ). There were reported significant changes in the flavour profile and a decrease in the overall quality of the samples. The changes in the bitter taste of flaxseed oils were the most significant compared to other sensory attributes analyzed (in the case of the ‘Linola’ oil stored at 25 °C, the intensity of its bitter taste increased 8 times). The bitter taste was the most negatively correlated with the overall quality of oils ( $r = -0.98$ ). The shelf-life of individual flaxseed oils, determined

on the basis of the acceptable level of bitterness, varied between 42 and 112 days and was dependent on the storage conditions and the flaxseed variety used to produce oils.

Based on the results obtained, it is concluded that for the purpose of determining the shelf-life of cold-pressed flaxseed oil, the sensory analysis is more useful than the analysis of physicochemical properties.

**Key words:** cold-pressed flaxseed oil, bitter taste, oxidative stability, shelf-life, quantitative descriptive analysis (QDA) ☒

**Zakład Higieny i Zarządzania Jakością Żywności  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**

oraz

**Polskie Towarzystwo Technologów Żywności – Zarząd Główny**

zapraszają na

**I Sympozjum Naukowe  
Bezpieczeństwo Żywnościowe i Żywności**

**Kiry (k. Zakopanego), 17 - 19. 04. 2016 r.**

**Adres Komitetu Organizacyjnego**

**Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159C,  
Tel. 22 59 37 075; e-mail: sympozjumkiry@wp.pl**