

## **PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI MIESZANINY OLEJU RZEPAKOWEGO Z WYSOKOOLEINOWYM OLEJEM SŁONECZNIKOWYM PODCZAS SMAŻENIA**

**Ewa Pluciennik, Agnieszka Kita**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Technologii Rolnej  
i Przechowalnictwa, e-mail: e.pluciennik@gmail.com

### **Streszczenie**

Celem przeprowadzonych badań było określenie stabilności termooksydatywnej mieszaniny oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym oraz porównanie jej właściwości z olejami wyjściowymi w procesie smażenia chrupek.

Materiałem użytym do badań były trzy oleje: rzepakowy, wysokooleinowy olej słonecznikowy i mieszanina oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym (50:50). W olejach ogrzanych do temperatury 180°C cyklicznie smażyono chrupki ziemniaczane. Smażenia prowadzono przez 8 godzin dziennie w ciągu 5 kolejnych dni. W olejach świeżych oraz po każdym dniu smażenia oznaczono: liczbę kwasową, nadtlenną i anizydynową oraz skład kwasów tłuszczowych. Zmiany zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych zobrazowano jako współczynnik nienasyceń  $C18:2/C16:0$ . Barwę olejów oznaczono metodą obiektywną. W oparciu o parametry barwy wyznaczono różnicę barwy  $\Delta E$ .

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że przemiany hydrolytyczne podczas smażenia najintensywniej zachodziły w wysokooleinowym oleju słonecznikowym, a najwolniej w oleju rzepakowym. Tempo przemian oksydacyjnych w oleju rzepakowym było dwukrotnie większe w porównaniu z wysokooleinowym olejem słonecznikowym. Mieszanina oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym charakteryzowała się lepszą stabilnością oksydacyjną w porównaniu z olejem rzepakowym. Barwa wszystkich olejów podczas smażenia ulegała stopniowemu pociemnieniu. Największe zmiany barwy nastąpiły w oleju rzepakowym, natomiast najbardziej stabilną barwą charakteryzował się wysokooleinowy olej słonecznikowy. Zmieszanie wysokooleinowego oleju słonecznikowego z olejem rzepakowym istotnie poprawiło stabilność otrzymanego tłuszczu smaźalniczego.

**Słowa kluczowe:** smażenie, olej rzepakowy, wysokooleinowy olej słonecznikowy, liczba anizydynowa, barwa

## **COMPARISON OF THE PROPERTIES OF BLEND OF RAPESEED OIL WITH HIGH-OLEIC SUNFLOWER OIL DURING FRYING**

### **Summary**

The aim of this study was to determine the thermooxidative stability of blend of rapeseed oil with high-oleic sunflower oil and to compare its properties with standard oils during frying.

The material used for investigation were three oils: rapeseed oil, high-oleic sunflower oil and their blend (50:50). In oils heated to 180°C were fried potato snacks for 8 hours per day during 5 days. The acid value, peroxide value, anisidine value and fatty acid composition were determined in fresh oils and after each day of frying. The changes of unsaturated fatty acids were depicted as C18:2/C16:0 ratio. The colour of oils was determined by objective method. Based on the parameters of colours the total colour difference ( $\Delta E$ ) was determined.

On the ground of these results it was stated that hydrolytic changes during frying were the most intensive in high-oleic sunflower oil and the least intensive – in rapeseed oil. The rate of oxidative changes in rapeseed oil was twice greater as compared to high-oleic sunflower oil. The blend of rapeseed oil with high-oleic sunflower oil exhibited better thermooxidative stability in comparison with rapeseed oil. The colour of oils was gradually darkening during frying. The biggest changes of colour were determined in rapeseed oil. The high-oleic sunflower oil characterized by the most stable colour. Blending the high-oleic sunflower oil with rapeseed oil improved the stability of obtained frying oil.

**Key words:** frying, rapeseed oil, high-oleic sunflower oil, anisidine value, colour

### **WPROWADZENIE**

Smażenie jest jedną z najpopularniejszych metod przetwarzania żywności. O szerokim zastosowaniu tego procesu decyduje krótki czas obróbki termicznej i cechy sensoryczne otrzymywanych produktów (smak i zapach, barwa powierzchni, krucha i delikatna tekstura) [Saguy, Dana 2003]. Istotnym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu smażenia jak i właściwości gotowych produktów jest jakość użytego tłuszczu smaźalniczego [Kita 2008].

Do tłuszczów smaźalniczych należą różnego rodzaju tłuszcze roślinne charakteryzujące się odpowiednią stabilnością termooksydacyjną. Ze względu na ograniczone możliwości wykorzystania popularnych olejów roślinnych często poddaje się je modyfikacjom (przede wszystkim uwodornieniu) mającym na celu podniesienie ich stabilności. Jedną

z najprostszych metod jest zastosowanie mieszania. Dzięki zmieszaniu tłuszczu mniej stabilnego z tłuszczem bardziej stabilnym uzyskuje się wzrost stabilności oksydacyjnej w stosunku do składnika mniej stabilnego [Hoffmann 2004]. Często jako stabilizator w tego typu mieszaninach używany jest olej palmowy, który ze względu na stosunkowo wysoką zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych i niewielką wielonienasyconych charakteryzuje się dobrymi właściwościami funkcjonalnymi [Farhoos i in. 2009]. Innym rozwiązaniem może być zastosowanie nowej generacji olejów roślinnych o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego. Oleje te zwane olejami wysokooleinowymi (ze względu na zawartość kwasu oleinowego na poziomie minimum 75%) charakteryzują się dobrą stabilnością termooksydacyjną i korzystniejszymi w porównaniu z olejem palmowym właściwościami żywieniowymi. Otrzymywane są ze specjalnych odmian popularnych roślin oleistych jak słonecznik, rzepak, soja czy orzechy ziemne [Kristott 2003]. W Europie do najpopularniejszych należy wysokooleinowy olej słonecznikowy, choć jego wykorzystanie ze względu na cenę jest ograniczone. Stąd też interesującym wydaje się określenie czy użycie wysokooleinowego oleju słonecznikowego w mieszaninie z olejem rzepakowym pozwoli uzyskać olej smaźalniczy o dobrych właściwościach.

Celem przeprowadzonych badań było określenie stabilności termooksydacyjnej mieszaniny oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym oraz porównanie jej właściwości z olejami wyjściowymi podczas smażenia chrupek.

### **MATERIAŁ I METODY BADAŃ**

Materiałem użytym do badań był rafinowany olej rzepakowy (RO) – zakupiony w lokalnym hipermarkecie, wysokooleinowy olej słonecznikowy (HOSO) – otrzymany bezpośrednio od producenta (firmy AAK) oraz mieszanina tych olejów sporządzona w stosunku 50 : 50 (RO-HOSO). Pelety ziemniaczane użyte do smażenia chrupek pochodziły od lokalnego producenta wyrobów przekąskowych.

W olejach smaźalniczych ogrzanych do temperatury 180°C smażono chrupki ziemniaczane w cyklach jednogodzinnych (15 s – smażenie, 59min. 45s – ogrzewanie oleju). Smażenie prowadzono przez 8 godzin dziennie przez 5 kolejnych dni. Po każdym dniu smażenia olej schładzano, filtrowano i przechowywano w warunkach chłodniczych. Ubytki tłuszczu uzupełniano świeżym olejem każdego dnia przed rozpoczęciem smażenia. Do analiz pobierano próby olejów świeżych oraz po każdym dniu smażenia. Doświadczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach technologicznych.

W próbach olejów smażalniczych oznaczono: liczbę kwasową [PN – ISO 660:1998], nadtlenkową [PN – ISO 3960:1996] i anizydynową [PN – EN ISO 6885:2001] oraz skład kwasów tłuszczowych [PN – EN ISO 5508:1996]. Zmiany zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych zobrazowano jako zmiany współczynnika nienasyceń C18:2/C16:0 [Kita 2008]. Pomiar barwy olejów przeprowadzono metodą obiektywną przy użyciu kolorymetru trójchromatycznego Minolta CR-200 wyskalowanego w skali Huntera w jednostkach L,a,b. W oparciu o wzór:  $\Delta E = [(L_0-L)^2 + (a_0-a)^2 + (b_0-b)^2]^{1/2}$ , gdzie  $L_0$ ,  $a_0$  i  $b_0$  to parametry barwy olejów świeżych, wyznaczono różnicę barwy [Maskan 2003]. Pomiar barwy wykonano w 5 powtórzeniach.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu STATISTICA 9.0. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Grupy homogeniczne wyznaczono przy użyciu testu Duncana na poziomie istotności  $\alpha \leq 0,05$ .

## **WYNIKI I DYSKUSJA**

W tabeli 1 zestawiono parametry jakościowe świeżych tłuszczów smażalniczych. Zarówno olej rzepakowy (RO) jak i wysokooleinowy olej słonecznikowy (HOSO) charakteryzowały się typowym składem kwasów tłuszczowych [Kita i in. 2005, Guinda i in. 2003, Konopka i in. 2003, Warner i in. 1997]. Dominującym kwasem tłuszczowym w obu rodzajach olejów był kwas oleinowy, którego udział w oleju rzepakowym (RO) kształtował się na poziomie 59,9%, natomiast w HOSO – 82,6%. Zawartość kwasów wielonienasyconych wynosiła odpowiednio 30,9% i 7,7%. Zmieszanie oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym spowodowało podwyższenie zawartości kwasu oleinowego (do 70,9%) oraz obniżenie zawartości kwasów wielonienasyconych – w porównaniu z olejem rzepakowym. Uzyskana mieszanina (RO-HOSO) charakteryzowała się odpowiednią (<15%) zawartością kwasu linolowego jednak nieco podwyższoną, w stosunku do wymagań stawianych idealnym tłuszczom smażalniczym, zawartością kwasu linolenowego (<2%) [Szukalska 2003]. Wszystkie oleje charakteryzowały się odpowiednimi parametrami chemicznymi - niską zawartością wolnych kwasów tłuszczowych oraz produktów utleniania tłuszczu. Jedynie olej rzepakowy (RO) zawierał nieco wyższą zawartość nadtlenków, natomiast najmniejsze ilości wtórnych produktów utleniania tłuszczu wyrażonych jako liczba anizydynowa (Tabela 1).

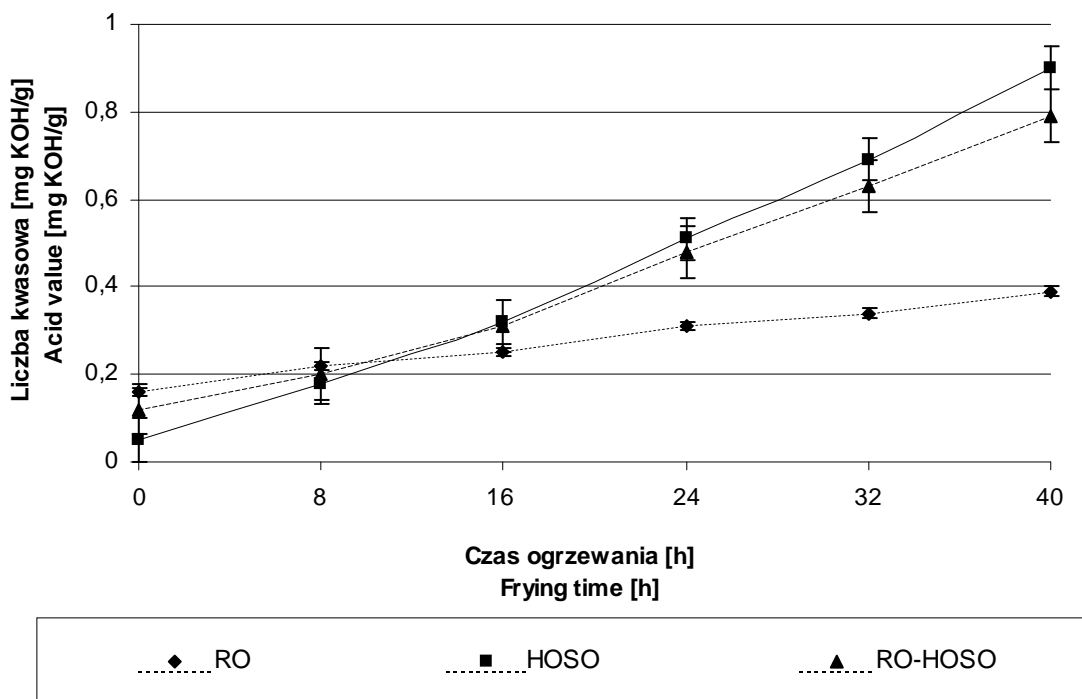
**Tabela 1.** Charakterystyka świeżych tłuszczów smaźalniczych: oleju rzepakowego (RO), wysokooleinowego oleju słonecznikowego (HOSO), mieszanki oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym (RO-HOSO).  
*Characteristics of fresh frying oils: rapeseed oil (RO), high-oleic sunflower oil (HOSO), blend of rapeseed oil and high-oleic sunflower oil (RO-HOSO).*

Tłuszcz smaźalniczy <i>Frying oil</i>	Skład ważniejszych kwasów tłuszczowych [%] <i>Composition of important fatty acid [%]</i>					Liczba kwasowa [mgKOH/g] <i>Acid value [mgKOH/g]</i>	Liczba nadtlenkowa [meqO <sub>2</sub> /kg] <i>Peroxide value [meqO<sub>2</sub>/kg]</i>	Liczba anizydynowa <i>Anisidine value</i>
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3			
RO	4,6 a	1,7 c	59,9 c	20,3 a	9,6 a	0,16 ± 0,01 a	2,49 ± 0,94 b	0,8 ± 0,27b
HOSO	4,4 a	3,3 a	82,6 a	7,5 c	0,2 c	0,05 ± 0,01 b	0,83 ± 0,01 a	1,6 ± 0,42 a
RO-HOSO	4,5 a	2,2 b	70,9 b	14,9 b	4,9 b	0,12 ± 0,02 a	0,88 ± 0,04 a	1,4 ± 0,07 a

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się istotnie statystycznie przy  $\alpha \leq 0,05$ .

*Values marked by the same letter in the column are not different at  $\alpha \leq 0,05$ .*

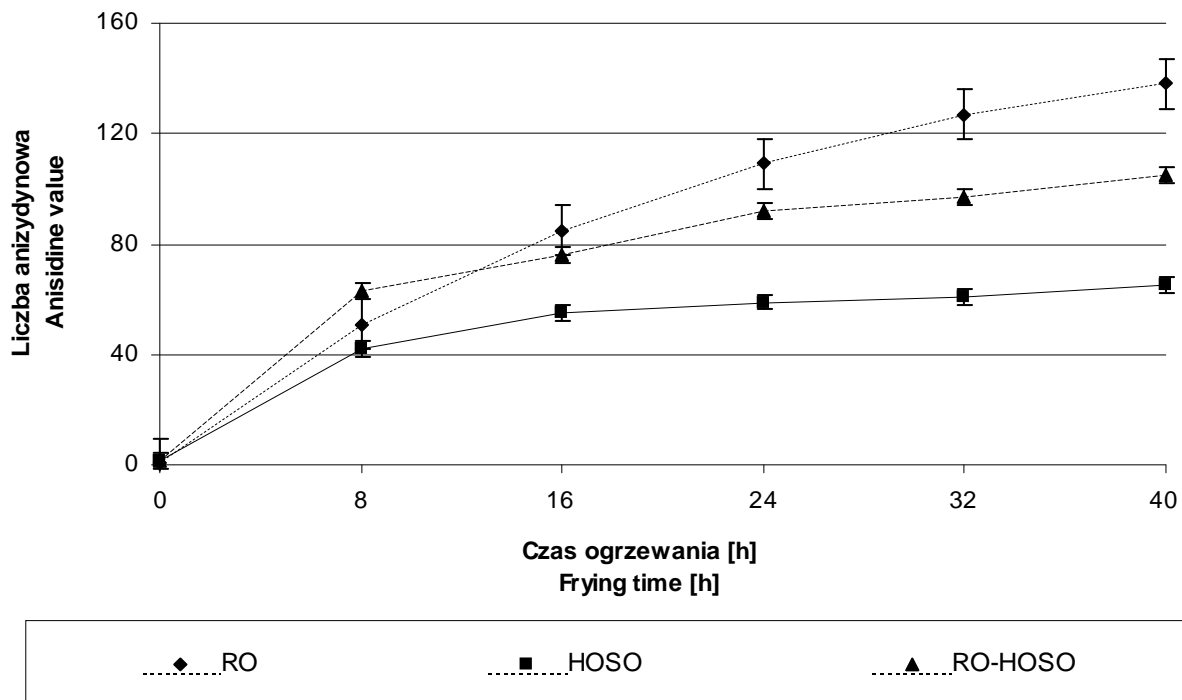
Tempo przemian hydrolitycznych, zobrazowanych zawartością wolnych kwasów tłuszczowych w kolejnych godzinach smażenia chrupek i ogrzewania oleju, przedstawiono na rysunku 1. Wraz z wydłużaniem czasu smażenia w analizowanych mediach smaźalniczych wzrastała zawartość produktów hydrolizy tłuszczu, przy czym w żadnym z analizowanych olejów nie przekroczyła 1 mg KOH/g. Najbardziej podatny na przemiany hydrolityczne był wysokooleinowy olej słonecznikowy, a najmniej olej rzepakowy. Mieszanka olejów (RO-HOSO) charakteryzowała się lepszą stabilnością w porównaniu z olejem HOSO, lecz gorszą w porównaniu z RO (Rysunek 1).



**Rysunek 1.** Zmiany liczby kwasowej tłuszczów smaźalniczych podczas smażenia chrupek przez 40 godzin.  
*The changes of acid value of oils during 40 h frying of snack.*

Podobne tempo przemian hydrolytycznych w olejach rzepakowych o różnym stopniu uwodornienia podczas 45 godzinowego smażenia i ogrzewania stwierdzono w innych doświadczeniach [Kita i in. 2005, Tynek i in. 2001, Hazuka i in. 2000]. Świadczy to o dobrej stabilności tłuszczów rzepakowych – znacznie lepszej w porównaniu z olejami palmowymi [Abdulkarim 2007, Che Man, Jaswir 2000]. Nieco większą podatność na hydrolizę wysokooleinowego oleju słonecznikowego potwierdzają wyniki Warnera i współpracowników, którzy porównywali właściwości tego oleju (HOSUN) z olejem bawełnianym i ich mieszaninami [Warner i in. 1997]. Po zakończeniu eksperymentu wyższą zawartością wolnych kwasów tłuszczowych charakteryzował się olej HOSUN w porównaniu z olejem bawełnianym. Z kolei Normand i współpracownicy stwierdzili, że zawartość wolnych kwasów tłuszczowych podczas 70 godzin smażenia wzrastała około dwukrotnie szybciej w wysokooleinowym oleju słonecznikowym w porównaniu z klasycznym olejem słonecznikowym [Normand i in. 2006].

Jedną z najważniejszych przemian zachodzących w tłuszczu podczas smażenia jest utlenianie. Tempo przemian oksydacyjnych w analizowanych olejach zobrazowano zmianami liczby anizydynowej (AnV) odzwierciadlającej ilość wtórnych produktów utleniania (Rysunek 2).



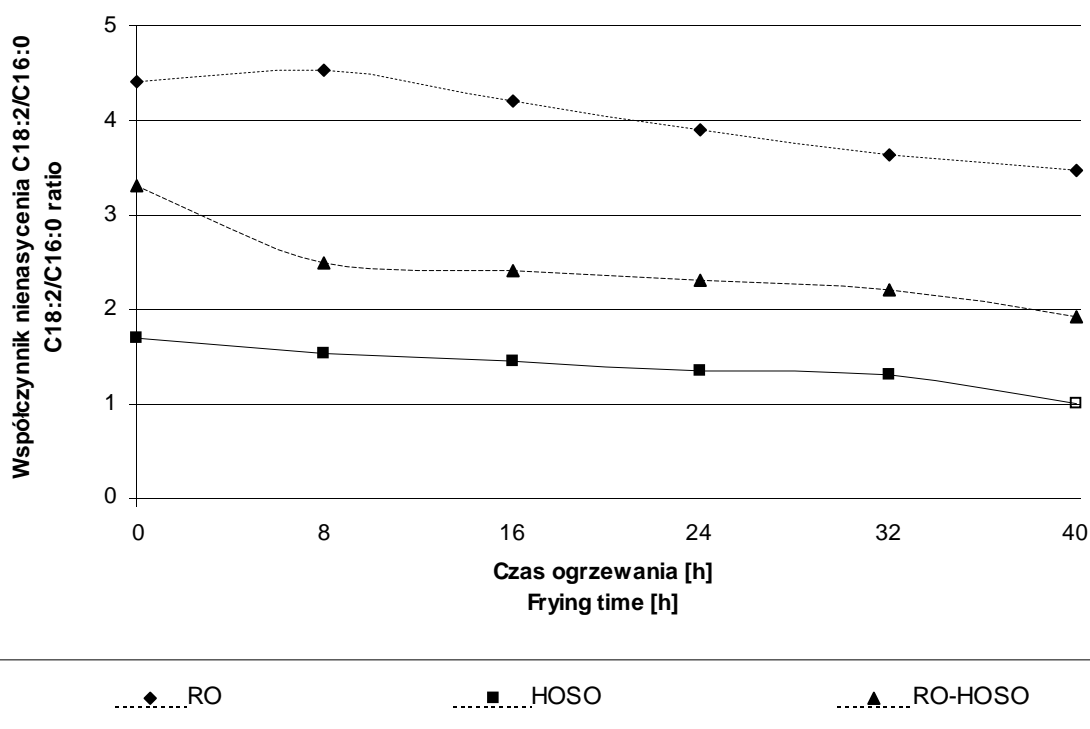
**Rysunek 2.** Zmiany liczby anizydynowej tłuszczów smaźalniczych podczas 40 godzin smażenia chrupek.

*The changes of anisidine value of oils during 40 h frying of snacks.*

Pomimo, że oleje świeże charakteryzowały się odpowiednią niską wartością liczby anizydynowej już po pierwszym dniu smażenia (8h) zaobserwowano znaczące zwiększenie zawartości produktów utleniania tłuszczu. Najmniejszym wzrostem liczby anizydynowej charakteryzował się olej HOSO – 40,5, a największym mieszanina RO-HOSO - 61. W kolejnych dniach smażenia najintensywniej procesy utleniania zachodziły w oleju rzepakowym RO. Zmniejszyło się natomiast tempo oksydacji mieszaniny RO-HOSO oraz oleju HOSO, w którym w ostatnich 3 dniach smażenia ilość produktów utleniania kształtowała się na podobnym stałym poziomie.

Różnice w podatności tłuszczów smaźalniczych na utlenianie obserwowali inni autorzy [Abdulkarim i in. 2007, Che Man, Jaswir 2000]. Kita porównując cztery oleje podczas 40-godzinnego smażenia wykazała, że najbardziej podatny na utlenianie był olej słonecznikowy, a następnie rzepakowy. Stwierdziła ponadto, że tempo utleniania tych samych olejów zależy od rodzaju smażonych produktów. Podczas smażenia chipsów ziemniaczanych wartość liczby anizydynowej w oleju rzepakowym wzrosła do 60, natomiast gdy smażono chrupki nawet do 120 [Kita 2006]. Z kolei Kmieciak i współpracownicy wykazali, że 32-godzinne ogrzewanie częściowo uwodornionego oleju rzepakowego i smażenie w nim frytek spowodowało ponad 60-krotny wzrost badanego parametru [Kmieciak i in. 2006].

Dobłą stabilność oksydacyjną olejów wysokooleinowych potwierdzają badania Matthäusa, który porównywał właściwości wysokooleinowego oleju rzepakowego i słonecznikowego z olejem palmowym i olejami uwodornionymi [Matthäus 2006]. Normand i współpracownicy wykazali, że tempo degradacji wysokooleinowego oleju słonecznikowego w kolejnych godzinach smażenia było o około 50% mniejsze w porównaniu z klasycznym olejem słonecznikowym [Normand i in. 2006]. Stąd też zmieszanie oleju wysokooleinowego z olejem o znacznie mniejszej stabilności zwiększyło stabilność termooksydacyjną uzyskanej mieszaniny RO-HOSO.



**Rysunek 3.** Zmiany współczynnika nienasycenia C18:2/C16:0 tłuszczów smaźalniczych podczas 40 godzin smaźenia chrupek.

*The changes of unsaturation ratio C18:2/C16:0 of oils during 40 h frying of snacks.*

Podatność na utlenianie analizowanych tłuszczów smaźalniczych była bezpośrednio związana ze składem kwasów tłuszczowych. Im wyższy był stopień nienasycenia oleju tym szybciej i z większą intensywnością zachodziły w nim przemiany oksydacyjne. W wyniku degradacji najbardziej podatnych na utlenianie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych obserwowano zmiany w składzie kwasów tłuszczowych badanych olejów w kolejnych godzinach smaźenia. Zobrazowano je na Rysunku 3 zmianami współczynnika nienasycenia (C18:2/C16:0).



Wraz z wydłużeniem czasu smażenia i ogrzewania olejów zmniejszał się w nich udział kwasów wielonienasyconych, a zwiększał nasyconych. Tempo zachodzących zmian uzależnione było w dużej mierze od początkowej wartości współczynnika nienasycenia. Im była ona wyższa tym większe zmiany obserwowano w kolejnych godzinach smażenia. W analizowanym doświadczeniu największym współczynnikiem nienasycenia charakteryzował się olej rzepakowy (RO) i stąd też w tym oleju obserwowano największe zmiany w składzie kwasów tłuszczowych. Zmniejszenie stopnia nienasycenia poprzez zmieszanie olejów (RO-HOSO) spowodowało znaczącą poprawę stabilności tłuszczu podczas kolejnych godzin smażenia. Potwierdzają to wyniki innych autorów, którzy obserwowali zmiany w składzie kwasów tłuszczowych różnych mediów smaźalniczych [Kita i in. 2005, Szukalska i in. 2005, Tynek i in. 2001, Che Man, Jaswir 2000, Hazuka i in. 2000].

Innym z wyróżników jakościowych świadczących o degradacji tłuszczu podczas smażenia jest zmiana barwy. Tłuszcze świeże charakteryzują się zwykle bardzo jasną barwą, która ulega stopniowemu pociemnieniu w wyniku przemian termoksydatywnych. Analizowane tłuszcze smaźalnicze charakteryzowały się odpowiednią jasną barwą przed rozpoczęciem procesu smażenia (Tabela 2).

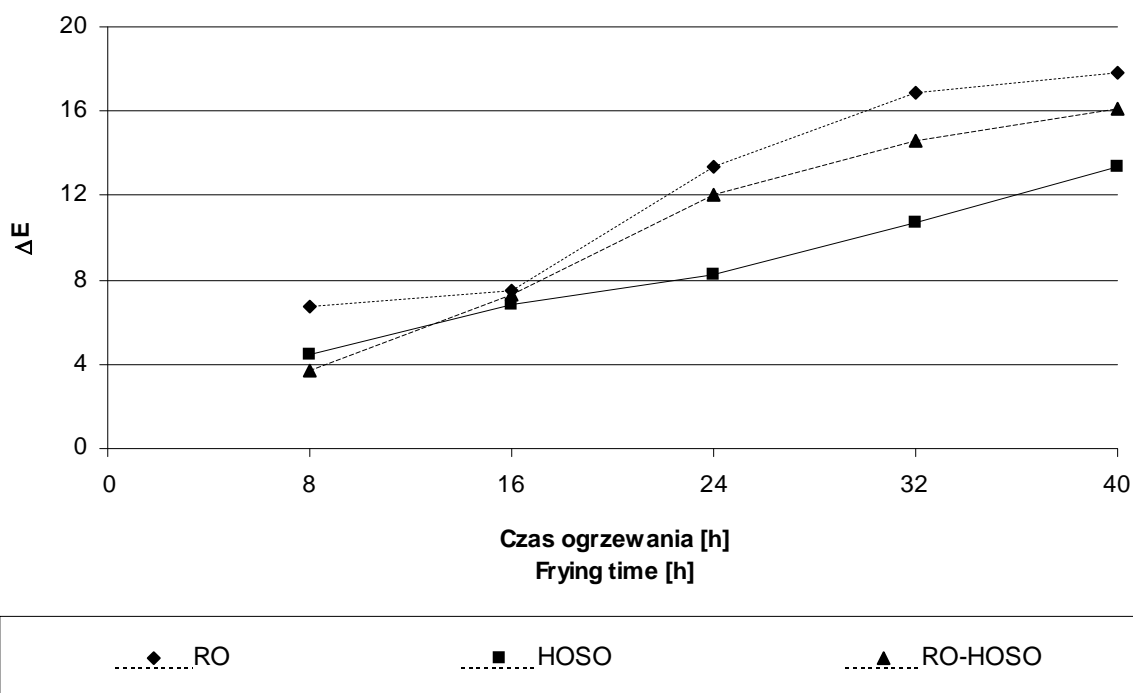
Najjaśniejszą barwą wyróżniał się olej rzepakowy ( $L = 45,87$ ), natomiast HOSO i mieszanina RO-HOSO charakteryzowały się podobną jasnością. W kolejnych godzinach smażenia obserwowano stopniowe pociemnienie barwy we wszystkich analizowanych olejach. Najbardziej stabilną barwę posiadał olej HOSO, natomiast olej rzepakowy jak i mieszanina RO-HOSO wykazywały podobną jasność od 24 godziny procesu. Po zakończeniu doświadczenia najciemniejszą barwę posiadała mieszanina RO-HOSO, choć nie były to istotne różnice w porównaniu z olejem rzepakowym RO. Pociemnienie barwy analizowanych olejów było związane ze zwiększaniem parametru  $b$ , określającego udział barwy żółtej.

**Tabela 2.** Barwa olejów przed i po smażeniu chrupek: oleju rzepakowego (RO), wysokooleinowego oleju słonecznikowego (HOSO), mieszanki oleju rzepakowego z wysokooleinowym olejem słonecznikowym (RO-HOSO).

*Colour of oils before and after frying of snacks: rapeseed oil (RO), high-oleic sunflower oil (HOSO), blend of rapeseed oil and high-oleic sunflower oil (RO-HOSO).*

Tłuszcz smażalniczy Frying oil	L		a		b	
	0 h	40 h	0 h	40 h	0 h	40 h
RO	45,87 ± 0,25	42,74 ± 0,54	-0,29 ± 0,01	-2,11 ± 0,63	4,27 ± 0,04	21,71 ± 1,87
HOSO	45,44 ± 0,87	43,99 ± 0,57	0,96 ± 0,06	-2,33 ± 0,22	2,30 ± 0,40	15,24 ± 1,95
RO-HOSO	45,49 ± 0,37	42,57 ± 0,23	0,96 ± 0,06	-1,94 ± 0,25	3,91 ± 0,10	19,62 ± 0,18

Uwzględniając wszystkie parametry barwy wyznaczono różnicę barwy ( $\Delta E$ ), którą przedstawiono na rysunku 4. Największe zmiany barwy wywołane procesem smażenia i ogrzewania tłuszczów stwierdzono w oleju rzepakowym. Natomiast najbardziej stabilną barwą odznaczał się wysokooleinowy olej słonecznikowy.



**Rysunek 4.** Zmiany barwy ( $\Delta E$ ) olejów podczas 40 godzin ogrzewania.

*Colour change ( $\Delta E$ ) of oils during 40h frying.*

Zaobserwowane zmiany barwy potwierdzają wyniki innych autorów. Maskan analizując zmiany barwy oleju słonecznikowego podczas 50 cykli smażenia stwierdził, że wraz z wydłużaniem czasu smażenia olej stawał się ciemniejszy (obniżenie wartości L) przy jednoczesnym zwiększeniu udziału barwy żółtej [Maskan 2003]. Podobne zmiany obserwowali Sánchez–Gimeno i współpracownicy analizując barwę wysokooleinowego oleju słonecznikowego podczas 60 cykli smażenia mrożonych ziemniaków [Sánchez–Gimeno i in. 2008]. W porównaniu z popularnymi olejami smaźalniczymi oleje wysokooleinowe w procesie smażenia charakteryzują się jaśniejszą barwą niż tłuszcze palmowe, ale ciemniejszą w zestawieniu z tłuszczami uwodornionymi [Kristott 2003]. Znacznie bardziej podatne na zmianę barwy podczas ogrzewania są natomiast oleje zimnotłoczone, w których niekorzystne zmiany zauważalne są po znacznie krótszym okresie obróbki termicznej [Kita, Płuciennik 2010].

### **WNIOSKI**

1. Przemiany hydrolityczne najintensywniej zachodziły w wysokooleinowym oleju słonecznikowym, a najwolniej w oleju rzepakowym.
2. Tempo przemian oksydacyjnych w oleju rzepakowym było dwukrotnie większe w porównaniu z wysokooleinowym olejem słonecznikowym. Mieszanina olejów charakteryzowała się lepszą stabilnością oksydacyjną w porównaniu z olejem rzepakowym.
3. Barwa wszystkich olejów ulegała stopniowemu pociemnieniu. Największe zmiany barwy nastąpiły w oleju rzepakowym, natomiast najbardziej stabilną barwą charakteryzował się wysokooleinowy olej słonecznikowy.
4. Zmieszanie wysokooleinowego oleju słonecznikowego z olejem rzepakowym istotnie poprawiło stabilność otrzymanego tłuszczu smaźalniczego.

### **PIŚMIENNICTWO**

1. Abdulkarim S.M., Long K., Lai O.M., Muhammad S.K.S., Ghazali H.M. (2007): Frying quality and stability of high – oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chem.*, 105, 182 – 189.
2. Che Man Y.B., Jaswir I. (2000): Effect of rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep – fat frying. *Food Chem.*, 69, 301 – 307.

3. Farhoos R., Kenari R.E., Poorazrang H. (2009): Frying stability of canola oil blended with palm olein, olive and corn oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86, 71 – 76.
4. Guinda Á., Dobarganes M.C., Ruiz–Mendez M.V., Mancha M. (2003): Chemical and physical properties of a sunflower oil with high levels of oleic and palmitic acids. *Eur. J. Lipid Technol.*, 105, 130 – 137.
5. Hazuka Z., Pawłowicz R., Tynek M., Drozdowski B. (2000): Correlation of quality of frying oil and oil extracted from potato fritters fried in liquid and partially hydrogenated rapeseed oil. *J. Food Lipids*, 7, 225 – 236.
6. Hoffmann M. (2004): Tłuszcze smaźalnicze. Która frytura? *Przeg. Gastr.*, 9, 10-11.
7. Kita A. (2008): Rola tłuszczu w kształtowaniu jakości smażonych przetworów ziemniaczanych. *Tłuszcze Jadalne*, 43 (1 – 2), 16 – 21.
8. Kita A. (2006): Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 537, 28.
9. Kita A., Lisińska G., Powolny M. (2005): The influence of frying medium degradation on fat uptake and texture of French fries. *J. Sci. of Food Agric.*, 85 (7), 1113 – 1118.
10. Kita A., Pluciennik E. (2010): The effect of temperature on colour of oils rich in polyunsaturated fatty acids. *Potravinárstvo*, 4 (1), 29 – 34.
11. Kmiecik D., Korczak J., Rudzińska M., Jeleń H. (2006). Wpływ procesu smażenia na zawartość steroli i zmiany jakości częściowo uwodornionego oleju rzepakowego. *Rośliny oleiste – Oilseed Crops*, 22, 119 – 128.
12. Konopka I., Tańska M., Rotkiewicz D., Zachodna M. (2003). Porównanie szybkości utleniania wybranych olejów roślinnych. *Bromat. Chem. Toksyk. – Supl.*, 36, 343-352.
13. Kristott J. (2003). High–oleic oils – how good are they for frying? *Lipid Technol.*, 3, 29 – 32.
14. Maskan M. (2003). Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil. *Eur. Food Res. Technol.*, 218, 20 – 25.
15. Matthäus B. (2006). Utilization of high–oleic rapeseed oil for deep – fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 108, 200 – 211.
16. Normand L., Eskin N.A.M., Przybylski R. (2006). Comparison of the frying stability of regular and high – oleic acid sunflower oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 83 (4), 331 – 334.

17. PN – EN ISO 5508:1996 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
18. PN – EN ISO 6885:2001 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
19. PN – ISO 3960:1996 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
20. PN – ISO 660:1998 Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
21. Saguy I.S., Dana D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J. Food Eng.*, 56, 143 – 152.
22. Sánchez-Gimeno A.C., Negueruela A.I., Benito M., Vercet A., Oria R. (2008). Some physical changes in Bajo Aragón extra virgin olive oil during the frying process. *Food Chem.*, 110, 654 – 658.
23. Szukalska E. (2003). Wybrane zagadnienia utleniania tłuszczów. *Tłuszcze Jadalne*, 38 (1 – 2), 42 – 57.
24. Szukalska E., Tynek M., Dębecka J., Papiernik L. (2005). Badanie przemian oksydacyjnych tłuszczu zachodzących w układzie tłuszcz – kapusta podczas obróbki termicznej. *Bromat. Chem. Toksyk. – Supl.*, 38, 461 – 466.
25. Tynek M., Hazuka Z., Pawłowicz R., Dudek M. (2001). Changes in the frying medium during deep – frying of food rich in proteins and carbohydrates. *J. Food Lipids*, 8, 251 – 261.
26. Warner K., Orr P., Glynn M. (1997). Effect of fatty acid composition of oils on flavor and stability of fried foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74 (4), 347 – 356.