

OCENA WPŁYWU WSTĘPNEJ OBRÓBK HYDROTERMICZNEJ NASION RZEPAKU NA JAKOŚĆ FIZYKOCHEMICZNĄ I STABILNOŚĆ OKSYDATYWNĄ WYTŁOCZONEGO OLEJU

Małgorzata Wroniak[✉], Agnieszka Rękas, Anna Piekut
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu wstępnej obróbki hydrotermicznej nasion rzepaku z zastosowaniem promieniowania mikrofalowego na jakość fizykochemiczną i stabilność oksydacyjną wytłoczonego oleju. Dwie odmiany rzepaku ozimego ‘Monolit’ i ‘Brendy’ nawilżano do wilgotności 7,5%, następnie ogrzewano za pomocą mikrofal (800 W, 2450 MHz) przez 4 i 8 min, dowilżano do wilgotności 6, 7, 8%, a na koniec wytłoczono na zimno olej za pomocą prasy ślimakowej Farmer 10 (firmy Farnet). Otrzymane oleje oceniano pod względem stopnia zbrązowienia, stopnia hydrolizy (liczba kwasowa), pierwotnego (liczba nadtlenkowa) oraz wtórnego stopnia utlenienia (liczba anizydynowa), absorpcji w ultrafiolecie oraz stabilności oksydacyjnej w teście Rancimat w 120°C. Wykazano, że ogrzewanie mikrofalowe nasion, po uprzednim ich nawilżeniu, istotnie modyfikuje jakość fizykochemiczną tłoczonego na zimno oleju rzepakowego. Powoduje wzrost stopnia hydrolizy oraz pierwotnego i wtórnego stopnia utlenienia oleju, poziomu dienów (K_{232}) i trienów (K_{268}), przy jednoczesnym podwyższeniu jego stabilności oksydacyjnej.

Słowa kluczowe: rzepak, ogrzewanie mikrofalowe, tłoczenie, olej rzepakowy, jakość, stabilność oksydacyjna

WSTĘP

Olej rzepakowy, z podwójnie ulepszonych nasion rzepaku, to obecnie jeden z najpopularniejszych olejów jadalnych. Zajmuje trzecie miejsce na świecie, po oleju palmowym i sojowym, pod względem wielkości produkcji [Rękas i in. 2016]. Uznany jest za jeden z olejów roślinnych o największej wartości żywieniowej. Ma najmniejszą

[✉]malgorzata_wroniak@sggw.pl

wśród olejów zawartość kwasów tłuszczowych nasyconych, dużą zawartość monoenoowego kwasu oleinowego, wysoki poziom jednego z najbardziej pożądaných kwasów z rodziny n-3 – kwasu α -linolenowego, oraz odpowiedni stosunek kwasów n-6 do n-3 (2 : 1). Dodatkowo olej rzepakowy (szczególnie tłoczony na zimno) zawiera wiele związków bioaktywnych, takich jak: tokoferole, sterole, fosfolipidy, związki fenolowe, barwniki karotenoidowe i chlorofilowe [Przybylski 2011, Kruszewski i in. 2013, Zychnowska i in. 2013], które mogą odgrywać ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu ludzkiego.

Tłoczenie oleju na zimno jest najstarszą metodą pozyskiwania oleju jadalnego. Technologia ta jest prosta, tania oraz ekologiczna. Uzyskany olej tłoczony na zimno nie wymaga żadnego oczyszczania, z wyjątkiem filtracji, w celu mechanicznego oddzielenia osadu. Jakość olejów tłoczonych na zimno zależy w głównej mierze od jakości i czystości surowca, jego jednorodności, dojrzałości, braku uszkodzenia, wilgotności nasion oraz właściwych warunków podczas przechowywania nasion [Febrianto i Yang 2011].

Termiczna obróbka nasion wpływa na wiele ważnych parametrów jakościowych oleju i jego skład chemiczny. Może przyczyniać się do utraty cennych związków odżywczych (np. tokoferoli) czy zwiększenia zanieczyszczeń rozpuszczalnych w oleju jak np. wolne kwasy tłuszczowe, związki siarki czy barwniki chlorofilowe [Niewiadomski 1983]. Mimo to w licznych badaniach autorzy stwierdzają, że obróbka termiczna powoduje wzrost stabilności oksydacyjnej olejów, głównie z uwagi na większą ekstraktywność związków biologicznie czynnych i tworzenie się nowych związków o właściwościach przeciwutleniających (np. produktów reakcji Maillarda) [Spielmeyer i in. 2009, Azadmard-Damirchi i in. 2010, Shrestha i in. 2013, Yang i in. 2013]. Dodatkowo podczas prażenia nasion rzepaku w wysokiej temperaturze (ok. 160°C) przemianom ulegają również związki fenolowe, kwas synapinowy ulega dekarboksylacji do canololu, czyli 4-vinylo-2,6-dimetoksyfenolu, który również ma silne właściwości przeciwutleniające [Zheng i in. 2014, Siger i in. 2015]. W ostatnich latach prowadzone są liczne badania dotyczące możliwości stosowania różnych alternatywnych metod obróbki termicznej nasion rzepaku, w tym konwekcyjnego prażenia [Siger i in. 2015], czy obróbkę cieplną za pomocą mikrofal [Azadmard-Damirchi i in. 2010, Yang i in. 2013].

Celem pracy było określenie wpływu nawilżania i ogrzewania mikrofalowego nasion rzepaku przed tłoczeniem na zimno na jakość fizykochemiczną i stabilność oksydacyjną otrzymanego oleju.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły dwie odmiany nasion rzepaku podwójnie ulepszonego (*Brassica napus* L.) ‘Monolit’ oraz ‘Brendy’. Nasiona pochodziły z Hodowli Roślin Strzelce grupa IHAR ze zbioru 2015 roku. Użyte w pracy nasiona rzepaku były czyste, zdrowe i nieuszkodzone. Ilość zanieczyszczeń w każdej z odmian była mała, tj. poniżej 1%. Początkowa zawartość wody w nasionach wynosiła 4,35% (‘Monolit’) oraz 4,68% (‘Brendy’), a zawartość tłuszczu – 45,32% (‘Monolit’) oraz 45,69% (‘Brendy’). Nasiona obu odmian (2 × 500 g nasion) nawilżono do wilgotności 7,5%. Zapakowano do torebek z tworzywa sztucznego i przechowywano przez 24 h w temperaturze chłod-

niczej ($4 \pm 2^\circ\text{C}$). Ogrzewano nasiona przez 4 oraz 8 min w kuchence mikrofalowej marki Panasonic NN-J155W o mocy 800 W (2450 MHz). Ogrzewanie prowadzono w szklanym naczyniu o średnicy 16 cm, bez przykrycia, z mieszaniem nasion co 2 min. Nasiona po obróbce cieplnej odstawiano do osiągnięcia temperatury pokojowej. Temperatura nasion (pomiar termometrem laserowym bezdotykowym typ KC 180B firmy Tynaxtools Polska) bezpośrednio po ogrzewaniu mikrofalowym wynosiła od 80,88 do $144,23 \pm 2^\circ\text{C}$ w zależności od czasu ogrzewania nasion. Oznaczono ponownie zawartość wody, która wahała się od 0,68 do 6,80% w zależności od czasu ogrzewania i odmiany. Kolejnym etapem było dowlżanie nasion do trzech wilgotności (6, 7 i 8%) przez 24 h w warunkach chłodniczych w temperaturze $4 \pm 2^\circ\text{C}$ (w celu uzupełnienia ubytku wody po obróbce termicznej nasion). Następnego dnia z nasion obu odmian tłoczono oleje w prasie ślimakowej Farmer 10 firmy Farnet (Czechy), która ma wydajność $9\text{--}12 \text{ kg nasion} \cdot \text{h}^{-1}$. Do tłoczenia użyto dyszy o średnicy 8 mm. Temperatura oleju wypływającego z prasy wynosiła $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Otrzymane oleje poddano naturalnej sedymentacji w warunkach chłodniczych przez trzy dni. Tłoczenie nasion i analizę olejów przeprowadzono w czasie dwóch miesięcy. Nasiona obu odmian były poddawane obróbce wstępnej i tłoczeniu w dwóch seriach, w dziewięciu wariantach.

Właściwości fizykochemiczne otrzymanych olejów rzepakowych określano poprzez oznaczanie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych – liczba kwasowa [PN-EN ISO 660:2005], nadtlenków – liczba nadtlenkowa [PN-EN ISO 3960:2005], aldehydów – liczba anizydynowa, oraz obliczenie wskaźnika TOTOX [PN-EN ISO 6885:2008]. Absorbancję w nadfiolecie wyrażoną jako ekstynkcja właściwa w świetle UV oznaczano spektrofotometrycznie przy maksymalnej długości fali 232 i 286 nm [PN-EN ISO 3656:2002]. Oznaczenie indeksu brązowienia wykonano według Cai i innych [2013] poprzez rozcieńczenie próbki oleju w 1 : 20 chloroformem i pomiar absorbancji przy długości fali 420 nm. Do poszczególnych oznaczeń użyto spektrofotometru firmy Helios Thermo Spectronic. Stabilność oksydacyjną olejów oznaczano w teście Rancimat w aparacie typu 679 (Methrom) w temperaturze 120°C [PN-EN ISO 6886:2009].

Do przeprowadzenia analizy statystycznej zastosowano trzyczynnikową analizę wariancji. Aby ocenić stopień istotności różnic między wartościami średnimi, użyto testu Scheffego przy $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DISKUSJA

W wytłoczonych na zimno olejach oznaczono podstawowe parametry jakości w celu oceny wpływu zmiennych warunków obróbki hydrotermicznej nasion na cechy fizykochemiczne oleju (tab.).

Oleje otrzymane z nasion rzepaku odmian ‘Monolit’ i ‘Brendy’ charakteryzowały się zbliżonym stopniem hydrolizy (odpowiednio liczba kwasowa LK w zakresie $0,39\text{--}0,63 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ i $0,30\text{--}0,55 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$). Po zastosowaniu ogrzewania mikrofalowego nasion zaobserwowano w olejach wzrost wartości tej liczby. Niemniej jednak wszystkie analizowane oleje spełniały pod tym względem wymagania określone w Codex Alimentarius (LK $< 4 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$ w olejach tłoczonych na zimno i *virgin*) [Codex Stan 210-1999]. LK oleju z nasion odmiany ‘Monolit’ przy nawilżeniu 6% wzrosła

z 0,47 do 0,63 mg KOH·g⁻¹, a w oleju z nasion nawilżonych do 7% z 0,44 do 0,61 mg KOH·g⁻¹. Podobnie odnotowano w przypadku odmiany ‘Brendy’ – LK oleju z nasion nawilżonych do 6% wzrosła z 0,33 do 0,49 mg KOH·g⁻¹, a z nasion nawilżonych do 7% z 0,33 do 0,55 mg KOH·g⁻¹. W przypadku olejów z nasion obu odmian nawilżonych do 8% nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic. Podobny wzrost LK (tj. od 0,52 do 0,69 mg KOH·g⁻¹) zaobserwowali Zheng i inni [2014] w swoich badaniach nad ogrzewaniem mikrofalowym nasion rzepaku. Siger i inni [2015] również odnotowali po prażeniu nasion rzepaku w temperaturze 140–180°C przez 5–15 min małą wartość LK olejów, która nie przekroczyła 0,68 mg KOH·g⁻¹ i nie różniła się od LK olejów z nasion nieogrzewanych.

Badane oleje charakteryzowały się niskim pierwotnym stopniem utlenienia lipidów, uzyskane wartości liczby nadtlenkowej LOO mieściły się w przedziale od 1,18 do 5,57 mEq O₂·kg⁻¹ oleju w odmianie ‘Monolit’ oraz od 1,14 do 2,46 mEq O₂·kg⁻¹ oleju w odmianie ‘Brendy’ (tab.). Oleje spełniały wymagania Codex Alimentarius pod względem LOO w olejach tłoczonych na zimno i *virgin* (LOO < 15 mEq O₂·kg⁻¹oleju) [Codex Stan 210-1999]. Wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania i ze wzrostem wilgotności nasion obserwowano zwiększenie zawartości nadtlenków w analizowanych olejach. Największą wartość LOO oleju (5,57 mEq O₂·kg⁻¹) odnotowano po zastosowaniu obróbki mikrofalowej nasion ‘Monolit’ przez 8 min, w przypadku nawilżenia nasion do 8%. Zdecydowanie niższy stopień utlenienia olejów z nasion po ogrzewaniu mikrofalowym odnotowano we wcześniejszych badaniach Rękas i innych [2015], w których wartości LOO mieściły się w przedziale 0,53–1,72 mEq O₂·kg⁻¹.

Liczba anizydynowa (LAn) umożliwia określenie faktycznego stopnia utlenienia oleju, nie jest objęta przepisami unijnymi dla olejów tłoczonych na zimno i *virgin*, w praktyce jest bliska 0, a w olejach rafinowanych wartość ta nie powinna zaś wynosić więcej niż 8 [Wroniak i in. 2013]. Wartości LAn badanych olejów kształtowały się na poziomie od 0,11 do 0,75 dla nasion odmiany ‘Monolit’ oraz od 0,15 do 0,76 dla nasion odmiany ‘Brendy’ (tab.) i nie różniły się statystycznie istotnie między sobą. Wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania i stopnia nawilżenia nasion obserwowano wzrost wtórnego stopnia utlenienia olejów. Jednakże uzyskana wartość LAn w badanych olejach była mała, nie przekraczała wartości 1,0, co świadczyło o niewielkim wpływie ogrzewania mikrofalowego nasion rzepaku na wtórny stopień utlenienia oleju. Analizowane oleje charakteryzowały się średnim ogólnym stopniem utlenienia TOTOX, zawartym w przedziale od 2,95 do 11,90 (tab.), mieszcząc się w umownej granicy wyznaczającej dobrą jakość olejów jadalnych, określonej na poziomie 10, z wyjątkiem olejów z nasion rzepaku odmiany ‘Monolit’ nawilżonych do wilgotności 8%.

Badane oleje pod względem absorpcji w ultrafiolecie, określającej m.in. poziom sprzężonych dienów (K₂₃₂) i trienów (K₂₆₈), przyjmowały wartości w szerokim zakresie. Wartości K₂₃₂ w olejach z nasion odmiany ‘Monolit’ wahały się w granicach 0,97–2,26 oraz 1,33–2,30 w olejach odmiany ‘Brendy’ (tab.). Wartość wskaźnika zawartości związków karbonylowych K₂₆₈, tj. wtórnych produktów utlenienia, kształtowała się na poziomie od 0,13 do 0,46 w olejach z nasion odmiany ‘Monolit’ oraz od 0,1 do 0,41 w olejach z nasion odmiany ‘Brendy’ (tab.). W europejskich przepisach dotyczących wymagań dotyczących olejów tłoczonych na zimno nie wyznaczono wartości granicznych K₂₃₂ oraz K₂₆₈. Punkt odniesienia może jednak stanowić rozporządzenie Komisji UE 2568/91,

Tabela. Właściwości fizykochemiczne i stabilność oksydacyjna analizowanych olejów rzepakowych

Table. Physicochemical properties and oxidative stability of the analysed rapeseed oils

Odmiana rzepaku Rapeseed cultivar	Wstępne nawilżenie Initial moisture [%]	Czas ogrzewania mikrofalowego heating time [min]	Końcowe nawilżenie Final moisture [%]	Liczba kwasowa Acid value [mgKOH·g ⁻¹]	Liczba nadtlenkowa Peroxide value [mEq·kg ⁻¹]	Liczba anizydynowa Anisidine value	Wskaźnik Totox Totox index [2×PV + AnV]	Dieney Dienes [K ₂₃₂]	Trieny Triterenes [K ₂₆₈]	Czas indukcji Induction time [h]	Indeks brązowienia Browning index [λ = 420 nm]
Monolit		0		0,47 ± 0,06 ^a	1,40 ± 0,64 ^a	0,20 ± 0,12 ^a	2,99 ± 0,10 ^a	1,20 ± 0,06 ^a	0,15 ± 0,01 ^a	3,89 ± 0,10 ^a	0,14 ± 0,01 ^a
		4	6	0,56 ± 0,01 ^b	1,52 ± 0,70 ^a	0,11 ± 0,04 ^a	3,15 ± 0,41 ^a	1,73 ± 0,08 ^{ab}	0,14 ± 0,03 ^a	4,23 ± 0,41 ^{ab}	0,20 ± 0,02 ^b
		8		0,63 ± 0,05 ^c	2,00 ± 0,43 ^a	0,18 ± 0,14 ^a	4,18 ± 0,16 ^a	2,06 ± 0,25 ^b	0,38 ± 0,02 ^b	4,79 ± 0,16 ^b	0,25 ± 0,01 ^b
Monolit		0		0,44 ± 0,00 ^a	1,18 ± 0,07 ^a	0,58 ± 0,23 ^a	2,95 ± 0,09 ^a	0,97 ± 0,44 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	4,06 ± 0,09 ^a	0,12 ± 0,01 ^a
		4	7	0,56 ± 0,00 ^b	1,62 ± 0,08 ^a	0,36 ± 0,25 ^a	3,60 ± 0,18 ^a	1,3 ± 30,28 ^{ab}	0,21 ± 0,00 ^a	4,91 ± 0,18 ^b	0,22 ± 0,00 ^b
		8		0,61 ± 0,06 ^c	1,96 ± 0,26 ^a	0,51 ± 0,33 ^a	4,42 ± 0,11 ^a	2,06 ± 0,27 ^b	0,46 ± 0,01 ^b	4,73 ± 0,11 ^{ab}	0,27 ± 0,03 ^b
7,5		0		0,41 ± 0,05 ^a	4,00 ± 0,49 ^a	0,68 ± 0,19 ^a	8,69 ± 0,16 ^a	1,45 ± 0,05 ^a	0,13 ± 0,02 ^a	3,80 ± 0,16 ^a	0,16 ± 0,01 ^a
		4	8	0,39 ± 0,06 ^a	5,22 ± 0,39 ^{ab}	0,68 ± 0,20 ^a	11,13 ± 0,29 ^{ab}	1,82 ± 0,05 ^{ab}	0,34 ± 0,01 ^b	4,20 ± 0,29 ^{ab}	0,26 ± 0,01 ^b
		8		0,44 ± 0,13 ^a	5,57 ± 0,21 ^b	0,75 ± 0,22 ^a	11,90 ± 0,10 ^b	2,26 ± 0,04 ^b	0,38 ± 0,36 ^b	4,71 ± 0,10 ^b	0,27 ± 0,01 ^b
Brendy		0		0,33 ± 0,00 ^A	1,38 ± 0,05 ^A	0,18 ± 0,12 ^A	3,81 ± 0,09 ^A	1,42 ± 0,01 ^A	0,10 ± 0,03 ^A	4,52 ± 0,09 ^A	0,15 ± 0,00 ^A
		4	6	0,45 ± 0,00 ^B	1,92 ± 0,02 ^A	0,76 ± 0,35 ^A	5,77 ± 0,15 ^A	1,76 ± 0,01 ^{AB}	0,22 ± 0,12 ^A	6,19 ± 0,15 ^B	0,24 ± 0,02 ^B
		8		0,49 ± 0,06 ^C	2,47 ± 0,12 ^A	0,54 ± 0,35 ^A	6,50 ± 0,07 ^A	2,30 ± 0,00 ^B	0,41 ± 0,01 ^B	6,93 ± 0,07 ^C	0,26 ± 0,01 ^B
Brendy		0		0,33 ± 0,00 ^A	1,19 ± 0,04 ^A	0,48 ± 0,27 ^A	3,94 ± 0,16 ^A	1,33 ± 0,46 ^A	0,14 ± 0,01 ^A	4,44 ± 0,16 ^A	0,16 ± 0,02 ^A
		4	7	0,45 ± 0,00 ^B	1,82 ± 0,12 ^A	0,57 ± 0,26 ^A	5,36 ± 0,14 ^A	1,97 ± 0,22 ^A	0,30 ± 0,04 ^B	5,77 ± 0,14 ^B	0,24 ± 0,02 ^B
		8		0,55 ± 0,00 ^C	2,26 ± 0,19 ^A	0,63 ± 0,16 ^A	6,29 ± 0,06 ^A	1,79 ± 0,05 ^A	0,27 ± 0,02 ^B	6,80 ± 0,06 ^C	0,26 ± 0,01 ^B
Brendy		0		0,30 ± 0,05 ^A	1,14 ± 0,09 ^A	0,27 ± 0,20 ^A	3,63 ± 0,15 ^A	1,62 ± 0,03 ^A	0,14 ± 0,01 ^A	4,86 ± 0,15 ^A	0,16 ± 0,01 ^A
		4	8	0,33 ± 0,00 ^A	1,81 ± 0,14 ^A	0,15 ± 0,07 ^A	4,89 ± 0,09 ^A	2,04 ± 0,05 ^A	0,28 ± 0,03 ^B	6,05 ± 0,09 ^B	0,27 ± 0,02 ^B
		8		0,33 ± 0,00 ^A	2,26 ± 0,27 ^A	0,33 ± 0,32 ^A	5,92 ± 0,29 ^A	2,01 ± 0,13 ^A	0,38 ± 0,10 ^B	6,78 ± 0,29 ^C	0,28 ± 0,01 ^B

Przedstawione w tabeli wyniki stanowią średnią z odchyleniem standardowym.

The results shown in the table are mean value with ±standard deviation.

a, b, A, B, ... – wartości oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$ ($n = 2 \times 3$).

a, b, A, B, ... – values denoted by the same letters in the columns do not differ statistically significant at $p \leq 0,05$ ($n = 2 \times 3$).

w którym przewiduje się w oliwie z oliwek *extra virgin* wartość ekstynkcji przy długości fali 232 nm nie większą niż 2,50, zaś przy długości fali 268 nm – nie większą niż 0,22. Ze względu na podobieństwo badanych olejów, uznano te wartości również za graniczne, tj. świadczące o dobrej jakości, dla olejów rzepakowych tłoczonych na zimno. Wszystkie wytłoczone oleje rzepakowe nie przekroczyły dopuszczanego poziomu K_{232} – wartości 2,50. Jednakże pod względem K_{268} oleje uzyskane z nasion ogrzewanych przez 8 min przekroczyły graniczną wartość 0,22. Zaobserwowano, że w większości analizowanych wariantów wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania nasion wartość K_{268} olejów wzrastała, podobnie jak to stwierdzono w przypadku K_{232} . Podobne wyniki uzyskano we wcześniejszych badaniach Rękas i innych [2015].

Biorąc pod uwagę stabilność oksydacyjną otrzymanych olejów, stwierdzono, że zastosowane parametry wstępnej obróbki hydrotermicznej nasion przed tłoczeniem (nawilżenie, ogrzewanie mikrofalowe i końcowe nawilżenie) przyczyniły się do wydłużenia czasu indukcji badanych olejów rzepakowych z nasion obu odmian. Największe zmiany okresu indukcji w teście Rancimat w 120°C zaobserwowano w olejach z nasion ogrzewanych najdłużej, tj. przez 8 min, niezależnie od końcowej wilgotności nasion rzepaku. W przypadku odmiany ‘Monolit’ przy wilgotności nasion 6% zaobserwowano wydłużenie czasu indukcji oleju z 3,89 do 4,79 h, a w odmianie ‘Brendy’ z 4,52 do 6,93 h, w porównaniu z olejem z nasion nieogrzewanych (tab.). Każdy z zastosowanych poziomów dowilżenia nasion rzepaku (6, 7, 8%) przed tłoczeniem miał podobny wpływ na stabilność uzyskanego oleju. W literaturze również odnotowano wzrost stabilności oksydacyjnej oleju otrzymanego z prażonych mikrofalowo nasion, ale wielokrotnie większy (nawet do 8 razy), co wynika prawdopodobnie z zastosowania dłuższego czasu ogrzewania, a w związku z tym wyższej temperatury nasion 160–200°C [Veldsink i in. 1999].

Prawdopodobnie zaobserwowane wydłużenie okresu indukcyjnego tych olejów to zsumowany efekt większej, indukowanej podwyższoną temperaturą, ekstraktywności związków towarzyszących lipidom, tj.: steroli, tokoferoli, karotenoidów, fosfolipidów, związków fenolowych, oraz efekt tworzenia nowych związków (w wyniku degradacji termicznej składników nasion), np. canololu – pochodnej kwasu sinapinowego, czy też produktów reakcji nieenzymatycznego brunatnienia. Wszystkie te związki mają silne właściwości przeciwutleniające, niektóre wykazują działanie synergistyczne z innymi (tokoferole, fosfolipidy i związki fenolowe) [Wijesundera i in. 2008, Azadmard-Damirchi i in. 2010, Shrestha i in. 2013].

Stopień zbrązowienia, czyli indeks brązowienia, jest miarą brązowej barwy olejów. Jest to wynik powstawania produktów reakcji nieenzymatycznego brunatnienia – reakcji Maillarda, które znane są z silnych właściwości przeciwutleniających [Wan i in. 2015]. Stwierdzono, że wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania, wzrastała wartość indeksu brązowienia (tab.). Największe wartości absorbancji olejów przy długości fali 420 nm w przypadku nasion obu odmian (‘Monolit’ i ‘Brendy’), otrzymano dla wariantu 8 min ogrzewania przy wilgotności 8% (odpowiednio: 0,274 i 0,283), a najmniejsze – w olejach wytłoczonych z nasion nieogrzewanych. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zastosowanego ogrzewania mikrofalowego nasion na zbrązowienie otrzymywanych olejów rzepakowych. Zaobserwowane pociemnienie barwy oleju może być wynikiem nie tylko obecności produktów nieenzymatycznego

brunatnienia, ale również większej ekstraktywności i termicznej degradacji barwników chlorofilowych, karotenoidowych i termicznej degradacji fosfolipidów [Veldsink i in. 1999, Azadmard-Damirchi i in. 2010, Shrestha i in. 2013].

WNIOSKI

Jakość fizykochemiczna olejów rzepakowych tłoczonych na zimno ulega pogorszeniu pod wpływem ogrzewania mikrofalowego nasion, co odnotowano przy każdym stopniu nawilżenia nasion oraz w obu odmianach rzepaku 'Monolit' i 'Brendy'. Zaobserwowano niewielki wzrost stopnia hydrolizy, wzrost pierwotnego, wtórnego stopnia utlenienia olejów, poziomu sprzężonych dienów i trienów. Oleje z nasion ogrzewanych najdłużej charakteryzowały się największym obniżeniem jakości.

Jednocześnie obróbka mikrofalowa nasion rzepaku przed tłoczeniem powoduje wyraźny, korzystny wzrost stabilności oksydatywnej olejów. Największą zmianę czasu indukcji odnotowano w olejach otrzymanych z nasion odmiany 'Brendy', przy najmniejszym nawilżeniu nasion, tj. do 6%. Stwierdzono wzrost z 4,52 h (olej z nasion nieogrzewanych) do 6,93 h (olej z nasiona ogrzewanych najdłużej, tj. przez 8 min).

LITERATURA

- Azadmard-Damirchi S., Habibi-Nodeh F., Hesari J., Nemati M., Achachlouei B.F., 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chem.* 121, 1211–1215.
- Cai L., Cao A., Aisikaer G., Ying T., 2013. Influence of kernel roasting on bioactive components and oxidative stability of pine nut oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 115, 556–563.
- Codex Stan 210-1999. Codex standard for named vegetable oil. *Codex Alimentarius. Amendment* 2005, 2011, 2013.
- Febrianto N.A., Yang N.T., 2011. Producing high quality edible oil by using eco-friendly technology: A Review. *Adv. J. Food Sci. Technol.* 3(4), 317–326.
- Kruszewski B., Fařara P., Ratusz K., Obiedziński M., 2013. Ocena pojemności przeciwutleniającej i stabilności oksydacyjnej wybranych olejów roślinnych. *ZPPNR* 572, 43–52.
- Niewiadomski H., 1983: *Technologia nasion rzepaku*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- PN-EN ISO 3656:2011. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie absorbancji w nadfioletcie wyrażonej jako ekstynkcyjność właściwa w świetle UV.
- PN-EN ISO 3960:2012. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby nadtlenkowej.
- PN-EN ISO 660:2005. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- PN-EN ISO 6885:2008. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- PN-EN ISO 6886:2009. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie stabilności oksydatywnej (Test przyspieszonego utleniania).
- Przybylski R., 2011. *Canola/Rapeseed Oil*. W: F.D. Gunstone (red.): *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Wyd. II. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Rękas A., Wiśniewska K., Wroniak M., 2015. Wpływ ogrzewania mikrofalowego nasion rzepaku na wydajność i jakość wytłoczonego oleju. *ŻNTJ* 3(100), 107–122.

- Rękas A., Wroniak M., Krygier K., 2016. Rynek rzepaku i oleju rzepakowego w Polsce i na świecie. *Przem. Spoż.* 70, 7, 16–19.
- Rozporządzenie wykonawcze (UE) nr 299/2013 z dnia 26 marca 2013 roku zmieniające rozporządzenie (EWG) nr 2568/91 w sprawie właściwości oliwy z oliwek i oliwy z wyciżczonych oliwek oraz w sprawie odpowiednich metod analizy. L 90/52.
- Shrestha K., Gemechu F.G., De Meulenaer B., 2013. A novel insight on the high oxidative stability of roasted mustard seed oil in relation to phospholipid, Maillard type reaction products, tocopherol and canolol contents. *Food Res. Int.* 54, 587–594.
- Siger A., Kaczmarek A., Rudzińska M., 2015. Antioxidant activity and phytochemical content of cold-pressed rapeseed oil obtained from roasted seeds. *Eur. J. Lipid Tech.*, 117, 1–13.
- Spielmeier A., Wagner A., Jahreis G., 2009. Influence of thermal treatment of rapeseed on the canolol content. *Food Chem.* 112, 944–948.
- Veldsink J.W., Muuse B.G., Meijer M.M.T., Cuperus F.P., van de Sande R.L.K.M., van Putte K.P.A.M., 1999. Heat pretreatment of oilseeds: effect on oil quality. *Fett./Lipid.* 7, 244–248.
- Wan Y., Li H., Fu G., Chen X., Chen F., Xie M., 2015. The relationship of antioxidant components and antioxidant activity of sesame seed oil. *J. Sci. Food Agric.* 95, 2571–2578.
- Wijesundera C., Ceccato C., Fagan P., Shen Z., 2008. Seed roasting improves the oxidative stability of canola (*B. napus*) and mustard (*B. juncea*) seed oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 110, 360–362.
- Wroniak M., Ptaszek A., Ratusz K., 2013. Ocena wpływu warunków tłoczenia w prasie ślimakowej na jakość i skład chemiczny olejów rzepakowych. *ŻNTJ* 1(85), 92–104.
- Yang M., Huang F., Liu C., Zheng C., Zhou Q., Wang H., 2013. Influence of microwave treatment of rapeseed on minor components content and oxidative stability of oil. *Food Bioprocess Technol.* 6, 3206–3216.
- Zheng C., Yang M., Zhou Q., Liu C.-S., Huang F.-H., 2014. Changes in the content of canolol and total phenolics, oxidative stability of rapeseed oil during accelerated storage. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116, 1675–1684.
- Zychnowska M., Pietrzak M., Krygier K., 2013. Porównanie jakości oleju rzepakowego tłoczonego na zimno i rafinowanego. *ZPPNR* 575, 131–138.

EVALUATION OF THE EFFECT OF INITIAL RAPESEED HYDROTHERMAL PRE-TREATMENT ON PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND OXIDATIVE STABILITY OF PRESSED OIL

Summary. According to the Codex Alimentarius Standard for Named Vegetable Oils, *virgin* oils are defined as oils “obtained, without altering the nature of the oil, by mechanical procedures, e.g. expelling or pressing, and the application of heat only”. Such trend is highly impacting recent research trends concerned with oilseeds pre-treatment prior to pressing. Within currently being-developed methods of oilseeds heating – roasting and microwave irradiation have been receiving increasing attention. The purpose of this elaboration was to determine the effect of initial rapeseed hydrothermal pre-treatment with the use of microwave radiation on the physicochemical properties and oxidative stability of the obtained *virgin* oil. Two winter double improved rapeseed cultivars ‘Monolit’ and ‘Brendy’ were adjusted to moisture contents of 7.5%, and treated with microwaves (800 W, 2450 MHz) for 4 and 8 min, adjusted to moisture contents of 6, 7, 8%, then the oil was pressed with the use of screw press Farmer 10 (Farnet). The resulting oils were evaluated in terms of

the degree of browning, degree of hydrolysis (acid value), the primary (peroxide value) and secondary oxidation state (anisidine value), the level of conjugated dienes (K_{232}) and trienes (K_{268}), oxidative stability in Rancimat test at 120°C. It was shown that rapeseed microwave heat treatment, after their moisturizing, significantly reduces physicochemical quality of cold pressed rapeseed oil. It increases degree of hydrolysis, the primary and secondary level oxidation of oil, the level of conjugated dienes and trienes. The K_{232} values ranged between 0.97–2.26 for oils from the seeds of the cultivar ‘Monolit’, and 1.33–2.30 for cultivar ‘Brendy’. While the K_{268} values (content of conjugated trienes and carbonyl compounds) ranged between 0.13–0.46 for the oils from the seeds of the ‘Monolit’ and 0.1–0.41 for ‘Brendy’. Heating seeds with lower humidity (6%), but longer (8 min) cause the greatest reduction physico-chemical quality of oil, while the highest increase in oxidative stability of oils in the Rancimat test was observed ‘Monolit’ from 3.89 to 4.71 h; ‘Brendy’ from 4.52 to 6.93 h). For both ‘Monolit’ and ‘Brendy’ varieties, the lowest oxidative stability was found in untreated rapeseed oil samples. Both the microwave period and adjusted seed moisture content were found to have significant impact on the induction period length prolongation – improving the oxidative stability of oils.

Key words: rapeseed, microwave thermal pre-treatment, cold pressing, rapeseed oil, quality, oxidative stability