

WPLYW OBRÓBK I HYDROTERMICZNEJ NASION RZEPAKU Z WYKORZYSTANIEM MIKROFAL NA WYDAJNOŚĆ I CECHY SENSORYCZNE WYTŁOCZONEGO OLEJU

Małgorzata Wroniak, Agnieszka Rękas, Anna Piekut

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Nauk o Żywności, Katedra Technologii Żywności
ul. Nowoursynowska 159 C, 02-787 Warszawa
małgorzata_wroniak@sggw.pl

Streszczenie

Celem badań było określenie wpływu obróbki hydrotermicznej nasion rzepaku z zastosowaniem ogrzewania mikrofalowego na wydajność i cechy sensoryczne 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 minut, dowlżano do wilgotności 6%, 7%, 8%, a następnie wytłaczano olej za pomocą prasy ślimakowej Farmer 10 (firmy Farnet). Przeanalizowano wpływ ogrzewania mikrofalowego na kształtowanie się cech sensorycznych tłoczonych na zimno olejów, jak również na stopień ich akceptacji konsumenckiej. Otrzymane oleje oceniano pod względem barwy, w tym zawartości barwników karotenoidowych i chlorofilowych. Wykazano, że ogrzewanie mikrofalowe nasion rzepaku, po uprzednim ich nawilżeniu, istotnie wpływa na wydajność tłoczenia oleju i modyfikuje jego cechy sensoryczne.

Słowa kluczowe: rzepak, ogrzewanie mikrofalowe, tłoczenie, olej rzepakowy, wydajność, jakość

THE EFFECT OF RAPESEED HYDROTHERMAL PRETREATMENT WITH THE USE OF MICROWAVES ON OIL YIELD AND SENSORY CHARACTERISTICS OF COLD PRESSED OIL

Summary

The purpose of this elaboration was to determine the effect of rapeseed hydrothermal pre-treatment with the use of microwave radiation on the oil extraction yield and sensory characteristics of the obtained *virgin* oil. Winter 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 (Farmet). The effect of microwave treatment on the formation of flavour and aroma of the obtained *virgin* oils was analysed, as well as the assessment of degree of consumer acceptance of oils was performed. The resulting oils were evaluated in terms of spectrophotometric colour and the content of chlorophyll and carotenoid pigments. It was shown that rapeseed microwave heat treatment, after their moisturizing, significantly affects the performance of oil extraction and modifies its sensory characteristics.

Key words: rapeseed, microwave thermal pretreatment, pressing, rapeseed oil, oil yield, quality

WSTĘP

Rzepak należy do najważniejszych roślin oleistych. Jest drugim surowcem oleistym na świecie, po soi, pod względem wielkości produkcji nasion. Natomiast olej rzepakowy zajmuje pod tym względem trzecie miejsce, po oleju palmowym i sojowym (www.fas.usda.gov, www.faostat.fao.org). Rzepak jest jedynym surowcem oleistym przetwarzanym w Polsce na skalę przemysłową. W 2013 r. zbiór nasion rzepaku w Polsce wynosił ponad 2,4 mln ton, podczas gdy światowa produkcja tego surowca przekroczyła 71 mln ton. Produkcja oleju rzepakowego w Polsce w 2013 r. wynosiła ponad 1 mln ton, natomiast na świecie produkcja oleju osiągnęła ponad 24 mln ton [Rękas i in. 2016].

Olej rzepakowy jest uznany za jeden z najzdrowszych jadalnych olejów roślinnych. Ma on m.in. najniższą wśród olejów zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (ok. 7%) oraz wysoki poziom jednego z najbardziej pożądanых kwasów z rodziny n-3 – kwasu α -linolenowego [Wroniak 2012]. Obecność w oleju rzepakowym tłoczonym na zimno związków takich jak: tokoferole, sterole, fosfolipidy, związki fenolowe, barwniki oraz inne może odgrywać, przy jego regularnym spożywaniu, ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu ludzkiego. Związki te przeciwdziałają m.in. chorobom sercowo-naczyniowym, działają antymiażdżycowo, antyarytmicznie, wpływają na poprawne funkcjonowanie układu nerwowego.

Oleje tłoczone na zimno stały się popularne na całym świecie, również w Polsce [Obiedzińska i in. 2012]. Tłoczenie oleju na zimno jest naturalną, najstarszą metodą pozyskiwania oleju. Technologia ta jest prosta, tania oraz ekologiczna [Febrianto, Yang 2011]. Podczas produkcji nie używa się żadnych substancji chemicznych. Jakość olejów tłoczonych na zimno zależy od czystości surowca, jego jednorodności, odpowiedniej dojrzałości, braku uszkodzenia, wilgotności oraz warunków przechowywania nasion [Matthaüs 2008].

Ogrzewanie nasion przed tłoczeniem wpływa istotnie na cechy jakościowe i skład

chemiczny oleju oraz na jego wydajność [Veldsink i in. 1999; Azadmard-Damirchi i in. 2011; Yang i in. 2013]. Obróbka cieplna nasion powoduje podwyższenie stabilności oksydacyjnej oleju, intensyfikuje jego smak, zapach i barwę [Wijesundera i in. 2008; Kraljić i in. 2013; Rękas i in. 2015; Siger i in. 2015]. W trakcie prażenia zachodzą również zmiany fizyczne, zmniejsza się zawartość wody w nasionach oraz zmienia się ich mikrostruktura [Wroniak i in. 2016]. Zachodzą różne reakcje chemiczne, powstają związki lotne i nielotne [Spielmeyer i in. 2009; Azadmard-Damirchi i in. 2010; Yang i in. 2013]. Niektóre przeciwutleniacze, np. tokoferole, zostają częściowo tracone na skutek ogrzewania, podczas gdy inne powstają, takie jak produkty reakcji nieenzymatycznego brunatnienia. Produkty reakcji Maillarda wykazują wysoką aktywność przeciwutleniającą. Podczas prażenia nasion rzepaku przemianom ulegają również związki fenolowe, takie jak np. kwas synapinowy, który po dekarboksylacji przekształca się do canololu, który również ma właściwości przeciwutleniające [Shrestha i in. 2013; Zheng i in. 2014; Siger i in. 2015].

Wśród różnych dostępnych technik, wstępna obróbka nasion mikrofalami jest prostą i może być korzystną metodą obróbki termicznej nasion przed tłoczeniem olejów roślinnych. Jej dużą zaletą jest skrócony czas oraz niższy koszt zużycia energii w porównaniu z konwencjonalnymi metodami [Venkatesh, Raghavan 2004].

CEL PRACY

Celem poniższej pracy było określenie wpływu nawilżania i ogrzewania mikrofalowego nasion rzepaku przed tłoczeniem na wydajność i jakość sensoryczną otrzymanego oleju.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badany stanowiły nasiona rzepaku podwójnie ulepszanego *Brassica napus* L. „00” odmian ‘Monolit’ oraz ‘Brendy’. Nasiona pochodziły z Hodowli Roślin Strzelce grupa IHAR ze zbioru 2015 r., przechowywane były w papierowych workach w temp. $15-17 \pm 2^\circ\text{C}$. Nasiona rzepaku były czyste, zdrowe i nieuszkodzone. Ilość zanieczyszczeń była niska i wynosiła poniżej 1%. Nasiona obu odmian (2 x 0,5 kg) nawilżono do wilgotności 7,5%. Następnie zapakowano je do torebek z tworzywa sztucznego i przechowywano przez 24 h w temperaturze ok. $4 \pm 2^\circ\text{C}$ w chłodziarce. Nasiona ogrzewano w kuchence mikrofalowej o mocy 800 W (2450 MHz) marki Panasonic NN-J155W przez 4 oraz 8 minut. Ogrzewanie prowadzono w szklanym naczyniu o średnicy 16 cm, bez przykrycia. 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 80,9 do $144,2 \pm 2^\circ\text{C}$, natomiast zawartość wody wahała się od 0,7% do 6,8% w zależności od czasu ogrzewania nasion. Kolejnym etapem było dowilżanie nasion do trzech wilgotności: 6%, 7% i 8% przez 24 h w warunkach chłodniczych w temp. ok. $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Następnie z nasion obu odmian wytłoczono oleje w prasie ślimakowej o wydajności 9–12 kg nasion/h Farmer 10 firmy Farnet (Czechy). Do tłoczenia użyto dyszy o średnicy 8 mm. Temperatura oleju wypływającego z prasy wynosiła ok. $40 \pm 2^\circ\text{C}$. Nasiona każdej z odmian poddawano obróbce wstępnej i tłoczeniu w 2 seriach, 9 wariantach. Otrzymane oleje poddano naturalnej sedymentacji w warunkach chłodniczych przez trzy dni. Tłoczenie nasion i analizę olejów przeprowadzono w czasie dwóch miesięcy.

Oznaczenie zawartości wody w nasionach i wyciekach wykonano metodą suszarkową [PN-EN ISO 665:2002]. Oznaczenie zawartości tłuszczu w nasionach i wyciekach wykonano metodą Soxhleta [PN-EN ISO 659:1999] w urządzeniu marki Soxtec. Wydajność tłoczenia obliczono na podstawie zawartości tłuszczu w nasionach i wyciekach, według wzoru [Wroniak i in. 2013]:

$$W = 100 \times (1 - R_n/R_w)$$

gdzie:

R_n – stosunek zawartości nietłuszczowych składników w nasionach do zawartości tłuszczu w nasionach;

R_w – stosunek zawartości nietłuszczowych składników w wyciekach do zawartości tłuszczu resztkowego w wyciekach.

Do oceny jakości sensorycznej olejów zastosowano metodę profilową [Baryłko-Pikielna, Matuszewska 2009], opierając się na definicjach wyróżników sensorycznych charakterystycznych dla olejów rzepakowych typu *virgin* [Brühl, Matthäus 2008]. Badaniu poddawano intensywność cech sensorycznych zdefiniowanych następująco: typowy dla nasion, orzechowy, drewniany, cierpki, zleżały, stęchły, spalony. W analizie brało udział 10 przeszkolonych osób z Zakładu Technologii Tłuszczów i Koncentratów Spożywczych (SGGW). Na początku wybierano wyróżniki sensoryczne smaku i zapachu, a następnie oceniano ich intensywność. W pierwszej kolejności porównywano oleje tłoczone na zimno (próbki kontrolne) i oleje z różnych wariantów nawilżenia i ogrzewania w ramach jednej odmiany. Następnie oceniano oleje dwóch różnych odmian uzyskanych z tego samego wariantu. Intensywność wyróżników zaznaczano na niestrukturyzowanej osi o skali ciągłej (0–10 j.u., gdzie 0 – niewyczuwalny, 10 – bardzo intensywny). Dodatkowo określano stopień akceptacji konsumenckiej, wykorzystując w tym celu niestrukturyzowaną skalę

z określeniami brzegowymi „lubię” i „nie lubię” [Baryłko-Pikielna, Matuszewska 2009].

Oznaczano barwę spektrofotometrycznie, określając udział barwników karotenoidowych ($\lambda = 442$ nm) i chlorofilowych ($\lambda = 668$ nm) [PN-A-86934:1995].

Do przeprowadzenia analizy statystycznej zastosowano trzyczynnikową analizę wariancji. Aby ocenić stopień istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi, użyto test Scheffego przy $p = 0,05$. Analizę wariancji trzyczynnikową oraz korelację liniową wykonano za pomocą programu Statistica 12.5.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyjściowa zawartość wody i tłuszczu w nasionach odmiany ‘Monolit’ kształtowała się odpowiednio na poziomie 4,4% i 45,3%, natomiast odmiany ‘Brendy’ odpowiednio 4,7% i 45,7% (tabela 1). Nasiona obu odmian nie różniły się pod tym względem istotnie i charakteryzowały się niską zawartością wody. W Polsce zalecana wilgotność nasion rzepaku w trakcie przechowywania wynosi 5–7% [Gawrysiak-Witulska i in. 2012].

Tabela 1. Zawartość wody i tłuszczu w badanych odmianach rzepaku

Wyszczególnienie	Odmiana rzepaku	
	‘Monolit’	‘Brendy’
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
Zawartość wody w nasionach [%]	4,4 ± 0,1	4,7 ± 0,1
Zawartość tłuszczu w nasionach [%]	45,3 ± 1,1	45,7 ± 2,7

Objaśnienia: \bar{x} – wartość średnia; SD – odchylenie standardowe

Nasiona obu odmian przed ogrzewaniem mikrofalowym nawilżono do 7,5%, by uniknąć spalania nasion i kłopotów technicznych związanych z przepustowością prasy ślimakowej. Bezpośrednio po ogrzaniu mikrofalowym mierzono temperaturę osiągniętą wewnątrz nasion. Średnia temperatura nasion ogrzewanych przez 4 min wahała się od 80°C do ok. 90°C, natomiast przez 8 min od 124,5°C do ok. 144,2°C (tabela 2). Uzyskane wyniki były zbliżone do prezentowanych wcześniej w badaniach Rękas i in. [2015]. Przed tłoczeniem ogrzewane mikrofalowo nasiona były studzone do temperatury otoczenia $20 \pm 2^\circ\text{C}$, natomiast średnia temperatura wpływającego z prasy oleju we wszystkich otrzymanych próbach wynosiła ok. $40 \pm 2^\circ\text{C}$.

Zawartość wody w wyciekach wynosiła od 6,2% do 7,8% (tabela 2). Najwięcej wody zawierały wycieki, które zostały otrzymane z nasion odmiany ‘Brendy’ nawilżone do 7% –

nieogrzewane, oraz nawilżone do 8% i ogrzewane przez 4 minuty. Najmniejszą zawartością wody charakteryzowały się wycłoki z nasion odmiany ‘Brendy’ nawilżonych do 6% i ogrzewanych w mikrofalach przez 8 minut. Nie stwierdzono istotnych różnic w wilgotności wycłoków pomiędzy odmianą, stopniem nawilżenia i czasem ogrzewania (0, 4 i 8 minut).

Tabela 2. Zawartość wody i tłuszczu w wycłokach rzepaku oraz wydajność tłoczenia oleju w poszczególnych wariantach

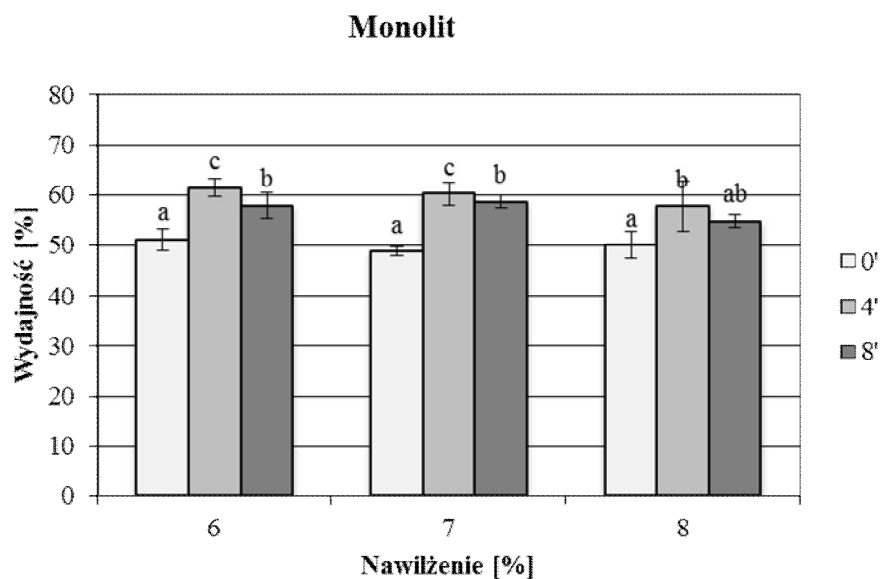
Odmiana	Czas ogrzewania [min]	Temperatura nasion po ogrzewaniu [°C]	Stopień nawilżenia [%]	Woda w wycłokach [%]	Tłuszcz w wycłokach [%]
‘Monolit’	0	-	6	6,4 ± 0,3 ^a	28,8 ± 0,9 ^b
	4	85,1		6,6 ± 0,2 ^a	24,2 ± 0,4 ^a
	8	124,5		6,3 ± 0,3 ^a	25,9 ± 1,2 ^a
	0	-	7	6,7 ± 0,2 ^a	29,8 ± 0,7 ^b
	4	89,6		7,0 ± 0,3 ^a	24,8 ± 1,0 ^a
	8	125,5		6,3 ± 0,1 ^a	25,5 ± 2,3 ^a
	0	-	8	6,3 ± 0,3 ^a	29,3 ± 1,0 ^b
	4	80,9		6,4 ± 0,2 ^a	25,9 ± 0,6 ^a
	8	144,2		7,4 ± 0,1 ^a	27,2 ± 0,5 ^b
‘Brendy’	0	-	6	7,0 ± 0,2 ^A	23,6 ± 0,2 ^B
	4	84,8		6,8 ± 0,1 ^A	20,1 ± 0,3 ^A
	8	137,3		6,2 ± 0,3 ^A	24,0 ± 1,1 ^B
	0	-	7	7,8 ± 0,1 ^A	25,5 ± 0,6 ^C
	4	89,4		7,4 ± 0,1 ^A	24,1 ± 2,2 ^B
	8	127,5		6,8 ± 0,2 ^A	23,6 ± 0,4 ^B
	0	-	8	7,2 ± 0,5 ^A	27,4 ± 0,4 ^C
	4	81,5		7,8 ± 0,3 ^A	25,4 ± 0,3 ^C
	8	138,5		7,1 ± 0,2 ^A	23,8 ± 0,2 ^B

a, b, A, B, ... – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$

Zawartość tłuszczu w wycłokach wahała się od 20,1% do 29,8% (tabela 2) i była silnie ujemnie skorelowana z wydajnością uzyskanego oleju. Wraz ze wzrostem wydajności tłoczenia zawartość tłuszczu w wycłokach obniżała się. Na podstawie przeprowadzonej wieloczynnikowej analizy wariancji stwierdzono zależność pomiędzy zawartością tłuszczu w wycłokach a stopniem wilgotności nasion, uzyskanych przy poszczególnych parametrach obróbki wstępnej nasion obu odmian rzepaku. Zaobserwowano wyraźną tendencję, że wraz z wydłużeniem czasu ogrzewania nasion malała zawartość tłuszczu w wycłokach. Zawartość tłuszczu w wycłoku rzepakowym może kształtować się na poziomie 20–30% [Brzóska 2006].

Wartość ta jest zmienna i zależy od rodzaju prasy, w której prowadzi się tłoczenie oleju. Wroniak i in. [2013] uzyskali zawartość tłuszczu w wytloku rzepakowym na poziomie 20–27%, natomiast Banaszekiewicz [2008] w granicach 28–29%.

Klasyczna teoria tłoczenia oleju zakłada, że w trakcie tego procesu następuje pęknięcie ścian komórkowych, co w konsekwencji prowadzi do przemieszczenia oleju poza komórkę oraz jego filtracji przez złoże [Sobczuk, Tys 2004]. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem temperatury ogrzewania nasion zwiększa się wydajność tłoczenia oleju (rysunek 1 i rysunek 2). Jedną z głównych przyczyn zwiększenia wydajności procesu tłoczenia jest obniżenie napięcia powierzchniowego oleju oraz zmniejszenie jego lepkości. Ułatwia to mechaniczne wydobywanie tłuszczu [Łaska i in. 2012]. Zaobserwowano, że zastosowanie obróbki mikrofalowej nasion przed tłoczeniem powodowało wzrost wydajności tłoczenia w porównaniu z tłoczeniem z nasion niepoddanych ogrzewaniu, niezależnie od zastosowanego stopnia nawilżenia rzepaku (6%, 7%, 8%). W przypadku nasion nieogrzewanych stwierdzono najniższy uzysk oleju (rysunek 1, rysunek 2).

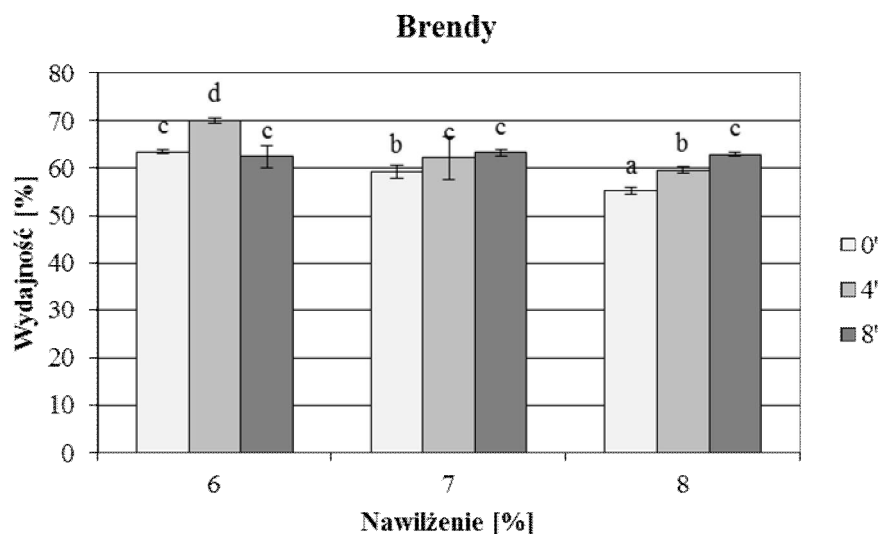


Rysunek 1. Wpływ stopnia nawilżenia i czasu obróbki termicznej (bez ogrzewania i po ogrzewaniu przez 4 i 8 minut) na wydajność [%] procesu tłoczenia, dla odmiany ‘Monolit’

a, b,... – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w słupku nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$

Największą wydajność oleju uzyskano w przypadku 4 minut ogrzewania nasion odmiany ‘Monolit’, przy każdym stopniu nawilżenia (odpowiednio 61,5%, 60,2% oraz 57,8%) (rysunek 1) oraz dla odmiany ‘Brendy’ tylko przy nawilżeniu 6% (wydajność 70,1%)

(rysunek 2). W przypadku odmiany ‘Brendy’ przy nawilżeniu 7% i 8% najwyższą wydajność zaobserwowano przy 8 minutach ogrzewania (odpowiednio 63,2% i 62,8%).



Rysunek 2. Wpływ stopnia nawilżenia i czasu obróbki termicznej na wydajność [%] procesu tłoczenia (bez ogrzewania i po ogrzewaniu przez 4 i 8 minut), dla odmiany ‘Brendy’

a, b,... – wartości średnie oznaczone tymi samymi literami w słupku nie różnią się statystycznie istotnie przy $p \leq 0,05$

Panasiewicz i in. [2012] ogrzewali za pomocą mikrofal trzy odmiany nasion rzepaku: ‘Kana’, ‘Bazył’ oraz ‘Extrem’. Czas ogrzewania był dostosowany do wilgotności nasion: dla 6% wynosił on 60, 180 i 300 s, natomiast dla nasion o wilgotności 17% – 300 s. Największą wydajność oleju otrzymano dla nasion odmiany ‘Kana’ nawilżonych do 6% i ogrzewanych przez 180 s. Mikrofalowa obróbka przed procesem wyłaczania nasion spowodowała wzrost, średnio o 10%, efektywności pozyskiwania oleju w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Wroniak i in. [2013] w trakcie swoich badań najwyższą wydajność tłoczenia, ponad 63%, uzyskali podczas tłoczenia na gorąco oleju z nasion po obróbce cieplnej (150°C przez 1 h). Tańska i in. [2013] podczas tłoczenia oleju z nasion rzepaku metodą na zimno odnotowali wzrost wydajności wraz ze wzrostem czasu ogrzewania i dodatkowo wraz ze wzrostem temperatury (z 54,8% do 69,4%).

Ocenę sensoryczną jakości produktów żywnościowych przeprowadza się za pomocą zmysłów – smaku, zapachu, wzroku, słuchu, dotyku. Jest ona wykonywana przez wyspecjalizowany zespół osób przeszkolonych, które mają sprawdzoną wrażliwość sensoryczną w określonych warunkach zewnętrznych i zapewniają właściwe postrzeganie

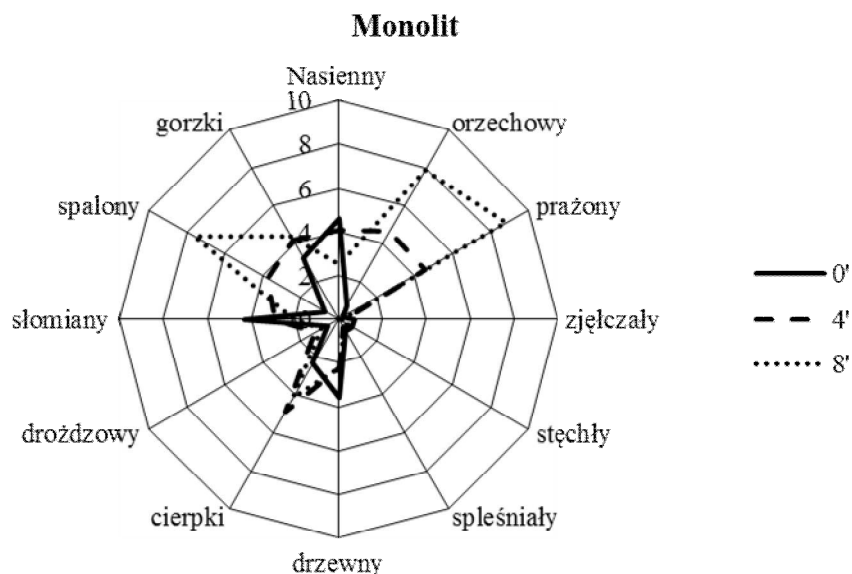
cech jakościowych. Każda spośród analizowanych próbek tłoczonego oleju rzepakowego okazała się produktem o dobrej jakości sensorycznej. Jednakże pożądalność konsumencka wahała się w szerokich granicach od 5,0 do 7,7 j.u. (tabela 3).

Tabela 3. Wpływ ogrzewania nasion rzepaku na pożądalność konsumencką olejów [j.u.]

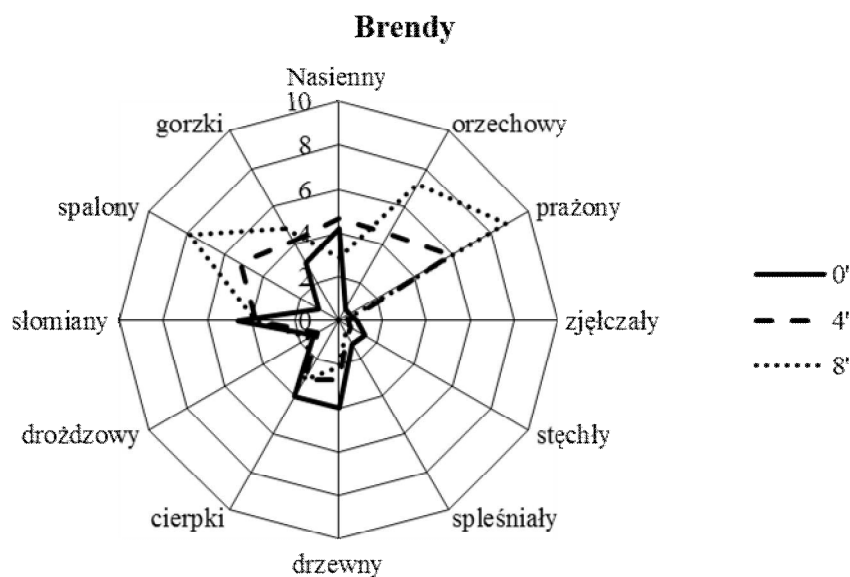
Odmiana	Czas ogrzewania [min]	Pożądalność konsumencka [j.u.]
‘Monolit’	0	5,0 ± 0,5
	4	6,4 ± 0,7
	8	7,7 ± 0,8
‘Brendy’	0	6,1 ± 0,9
	4	6,8 ± 0,9
	8	7,3 ± 0,5

Najwyższą akceptowalność miał olej uzyskany z nasion ogrzewanych przez 8 minut odmiany ‘Monolit’, natomiast najmniej pożądanym był olej z nasion nieogrzewanych tej samej odmiany. Odmienne wyniki dotyczące pożądalności konsumenckiej olejów po prażeniu nasion rzepaku odmian ‘Kana’ i ‘Bakara’ zaprezentowano w badaniach Rękas i in. [2015].

Przeprowadzona ocena sensoryczna metodą profilowania wykazała, że charakterystyczny dla nasion rzepaku wyróżnik smaku i zapachu „nasienny”, wahał się w granicach od 2,5 do 4,7 j.u. (rysunek 3, rysunek 4).



Rysunek 3. Profilowa ocena sensoryczna [j.u.] olejów tłoczonych na zimno z nasion nieogrzewanych oraz po 4 i 8 minutach ogrzewania mikrofalowego, odmiana ‘Monolit’



Rysunek 4. Profilowa ocena sensoryczna olejów [j.u.] tłoczonych na zimno z nasion nieogrzewanych oraz po 4 i 8 minutach ogrzewania mikrofalowego, odmiana ‘Brendy’

Niższe wartości wyróżnika „nasienny” odnotowano dla olejów uzyskanych z nasion ogrzewanych przez 8 minut, natomiast najwyższe wartości otrzymał olej tłoczony z nasion nieogrzewanych odmiany ‘Monolit’. Kolejny pozytywny wyróżnik – „orzechowy” najbardziej intensywny był w oleju tłoczonym z nasion ogrzewanych przez 8 minut, odmiany ‘Monolit’ (7,9 j.u.) (rysunek 3) oraz odmiany ‘Brendy’ (7,2 j.u.) (rysunek 4). Oleje z nasion obu odmian ogrzewanych przez 8 minut uzyskały również najwyższą wartość (8,8 j.u.) dla wyróżnika „prażony”. Było to związane z najbardziej intensywną obróbką termiczną nasion (najdłuższy czas działania mikrofal – najwyższa temperatura 144,2°C (tabela 1)) i wytworzeniem licznych związków aromatycznych, odpowiedzialnych za atrakcyjny zapach, typowy dla surowców prażonych: nasion czy orzechów. Wyróżnik smaku „gorzki” wahał się w analizowanych olejach na poziomie od 3,1 do 4,9 j.u. dla obu odmian nasion.

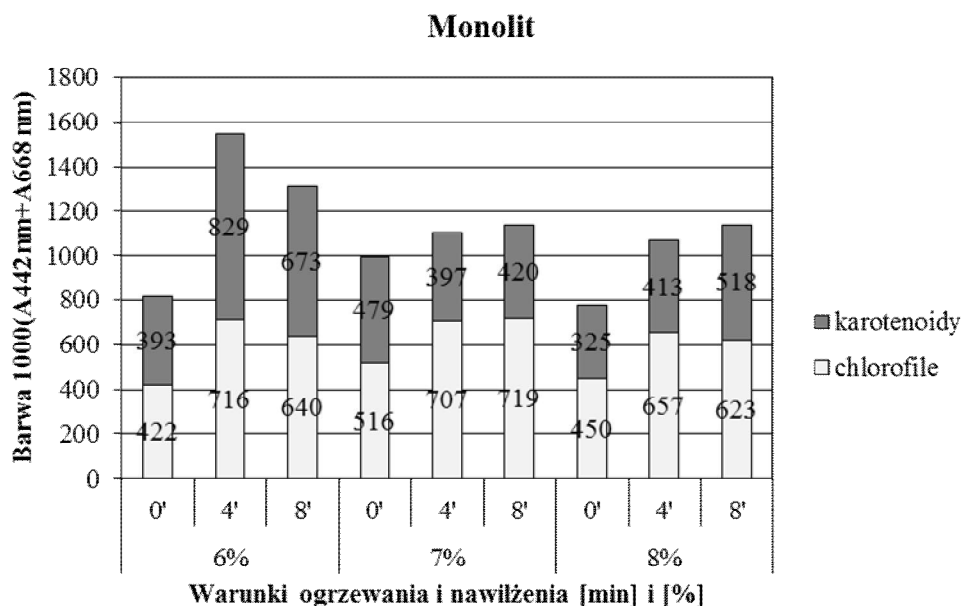
Biorąc pod uwagę negatywne wyróżniki sensoryczne, stwierdzono bardzo niską wartość dla cechy „spalony” w olejach tłoczonych z nasion nieogrzewanych, odmiana ‘Monolit’ – 0,7 j.u. (rysunek 3) i ‘Brendy’ – 1,1 j.u. (rysunek 4). Podobne wyniki uzyskali Tynek i in. [2012], którzy w swoich badaniach oleju rzepakowego *virgin* odnotowali intensywność wyróżnika „spalony” na niskim poziomie, tj. od 0 do 0,3 j.u. Natomiast odnotowano bardzo istotny wzrost intensywności tego wyróżnika w oleju tłoczonym z nasion ogrzewanych, szczególnie przez 8 minut (7,6 j.u. – ‘Monolit’ (rysunek 3) i 7,9 j.u. – ‘Brendy’ (rysunek 4)).

Wysoka temperatura nasion (ok. 144,2°C), uzyskana podczas długiego ogrzewania mikrofalowego, spowodowała duże odwodnienie nasion i w związku z tym częściowe spalenie/zwęglenie wnętrza nasion, obniżając tym samym jakość sensoryczną olejów. Smak i zapach „słomiany” był wyczuwalny we wszystkich olejach. Największą intensywnością tego wyróżnika charakteryzował się olej tłoczony z nasion nieogrzewanych, odpowiednio odmiana ‘Monolit’ oraz ‘Brendy’ – 4,3 i 4,6 j.u. W olejach z nasion ogrzewanych przez 4 i 8 minut intensywność tego wyróżnika została oceniona na: 2,9 j.u. i 2,0 j.u. dla odmiany ‘Monolit’ oraz po 3,8 j.u. dla odmiany ‘Brendy’. Intensywność smaku i zapachu „drożdżowego” nie przekroczyła wartości 1.6 j.u., niezależnie od czasu ogrzewania i odmiany nasion. Występowanie tej cechy na wysokim poziomie świadczyłoby o złej jakości nasion użytych do tłoczenia, wysokiej ich wilgotności i przechowywaniu w nieodpowiednich warunkach [Matthäus 2008]. Podobne niskie noty określone jako „niewyczuwalne” otrzymały oleje za wyróżniki takie jak: „zjełczały”, „stęchły” i „spleśniały”. Najbardziej wyczuwalny smak i zapach „cierpki” był w oleju tłoczonym z nasion ogrzewanych przez 4 minuty odmiany ‘Monolit’ (4,9 j.u.) oraz z nasion nieogrzewanych odmiany „Brendy” (4,0 j.u.). W pozostałych wariantach obróbki termicznej nasion intensywność tej cechy w olejach wahała się w zakresie od 2,4 do 4,2 j.u. Dodatkowo oleje z nasion nieogrzewanych charakteryzowały się obecnością wyróżnika „drzewny” odmiany Monolit – 3,6 j.u. (rysunek 3) oraz „Brendy” – 4,0 j.u. (rysunek 4).

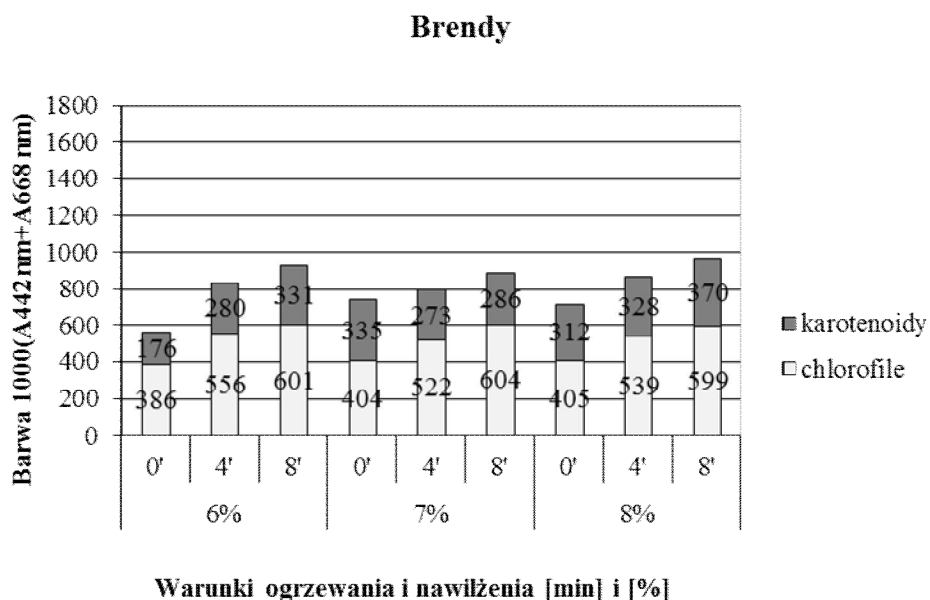
Zaobserwowano, że zastosowanie obróbki termicznej, a szczególnie długi czas ogrzewania nasion przed tłoczeniem, istotnie modyfikowało cechy sensoryczne olejów oraz wpłynęło na stopień akceptacji konsumenckiej. Najwyższe wartości dla cech sensorycznych, uznanych za pozytywne wyróżniki smakowitości („orzechowy”, „prażony”) otrzymały oleje uzyskane z nasion poddanych najdłuższej mikrofalowej obróbce wstępnej, tj. ogrzewanych przez 8 minut. Zaobserwowano, że oleje tłoczone na zimno z nasion bez ogrzewania, charakteryzujące się najwyższą intensywnością smaku i zapachu typowego dla rzepaku („nasiennego”), miały najniższy stopień pożądalności konsumenckiej. Dopiero po ogrzewaniu nasion pojawienie się w olejach wyróżników orzechowego i prażonego podwyższyło ich stopień akceptacji wśród oceniających.

Karotenoidy oraz chlorofile są związkami barwnymi, które wpływają na barwę olejów jadalnych. W olejach mogą także występować inne barwne substancje, o odcieniu brunatnym. Są to związki pochodzące z rozkładu sacharydów, białek oraz produkty przemian substancji lipidowych. Barwniki pochłaniają światło w zakresie widzialnym, dzięki czemu można zmierzyć ich absorbancję i podać w postaci liczb całkowitych [Buczek i Leśniak 2010].

Oleje rzepakowe wytłoczone z nasion odmiany ‘Monolit’ charakteryzowały się wyższą zawartością zarówno barwników chlorofilowych, jak i karotenoidowych, co skutkowało ciemniejszą i intensywniejszą barwą (rysunek 5). Natomiast wartości barwy olejów z odmiany ‘Brendy’ były niższe (rysunek 6).



Rysunek 5. Wpływ ogrzewania nasion rzepaku i nawilżenia na zawartość karotenoidów i chlorofili w otrzymanych olejach, odmiana ‘Monolit’



Rysunek 6. Wpływ ogrzewania i nawilżenia nasion rzepaku na zawartość karotenoidów i chlorofili w otrzymanych olejach, odmiana ‘Brendy’

Najniższe wartości i jednocześnie najjaśniejszą barwę odnotowano w oleju wytłoczonym z nasion nawilżonych do 6%, nieogrzewanych odmiany ‘Brendy’ (563) oraz w oleju wytłoczonym z nasion nawilżonych do 8%, nieogrzewanych, odmiany ‘Monolit’ (775). Najwyższe wartości barwy ogółem odnotowano dla warunków kondycjonowania: 4 minuty i 6% wilgotności (1545) – odmiana ‘Monolit’ oraz 8 minut, 8% wilgotności (968) – odmiana ‘Brendy’ (rysunek 5, rysunek 6). Prawie w każdym przypadku wraz ze wzrostem czasu ogrzewania zmieniała się barwa oleju z jasnozielonego na ciemnobrunatny, zwiększała się wartość barwy ogółem i wzajemny stosunek barwników chlorofilowych i karotenoidowych w olejach był zmienny. Olej z nasion ogrzewanych mikrofalowo miał ciemniejszą barwę, co jest tłumaczone obecnością barwnych produktów reakcji Maillarda, pochodnych chlorofili (feofityn) oraz produktów degradacji fosfolipidów [Azadmard-Damirchi i in. 2011; Shrestha i in. 2013; Rękas i in. 2015].

WNIOSKI

Zastosowanie obróbki hydrotermicznej nasion z zastosowaniem mikrofal przed tłoczeniem powoduje wzrost wydajności tłoczenia w porównaniu z tłoczeniem nasion niepoddanych ogrzewaniu. Zaobserwowano tendencję wzrostową w przypadku każdego stopnia nawilżenia nasion. Dla większości wariantów największy uzysk oleju otrzymano w przypadku nasion ogrzewanych przez 4 minuty.

Ogrzewanie mikrofalowe nasion przed tłoczeniem wpływa na modyfikację cech sensorycznych uzyskanego oleju. Oleje obu odmian tłoczone z nasion nieogrzewanych charakteryzowały się najbardziej intensywnym zapachem i smakiem „nasiennym”, „drzewnym” i „słomianym”. Otrzymały one najniższą ocenę pożądalności konsumenckiej. Natomiast oleje z nasion najdłużej ogrzewanych charakteryzowały się wyróżnikami takimi jak: „orzechowy”, „prażony” i „spalony”. Oleje te zostały ocenione najwyżej pod względem pożądalności konsumenckiej.

Ogrzewanie mikrofalowe nasion powoduje, że wraz ze wzrostem czasu ogrzewania zmienia się barwa oleju z jasnozielonego na ciemnobrunatny i zwiększają się wartości barwy ogółem. Oleje odmiany ‘Monolit’ charakteryzowały się wyższą niż te pozyskane z odmiany ‘Brendy’ zawartością barwników zarówno chlorofilowych, jak i karotenoidowych, co skutkowało ciemniejszą barwą.

PIŚMIENNICTWO

1. Azadmard-Damirchi S., Alirezalu K., Achachlouei F. B. (2011). Microwave pretreatment of seeds to extract high quality vegetable oil. *WASET*, 2011, 57, 72-74
2. 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
3. Banaszekiewicz T. (2008). Ocena strawności oraz wartości energetycznej makuchów z trzech odmian rzepaku niskoglukozynolanowego. *Rośliny Oleiste*, 29, 133-140
4. Baryłko-Pikielna N., Matuszewska I. (2009). *Sensoryczne badania żywności. Podstawy. Metody. Zastosowania.* Kraków: Wyd. Nauk. PTTŻ
5. Brzóska F. (2006). Uprawa rzepaku i gorzelnictwo zbóż – źródło biopaliw i pasz dla zwierząt. *Wiadomości Zootech.* 44 (3), 15-21
6. Brühl L., Matthäus B. (2008). Sensory assessment of virgin rapeseed oil. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110, 608-610
7. Buczek B., Leśniak A. (2010). Analiza właściwości i składu kwasów tłuszczowych handlowych olejów pochodzenia roślinnego. *Zesz. Nauk. UE w Krakowie*, 833, 19-30
8. 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
9. Gawrysiak-Witulska M., Rudzińska M., Wawrzyniak J., Siger A. (2012). The effect of temperature and moisture content of stored rapeseed on the phytosterol degradation rate. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 89 (9), 1673-1679
10. Kraljić E., Škevin D., Pospišil M., Obranović M., Neđeral S., Bosolt T. (2013). Quality of Rapeseed Oil Produced by Conditioning Seeds at Modest Temperatures. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 90, 589-599
11. Łaska B., Myczko A, Golimowski W. (2012). Badanie wydajności prasy ślimakowej i sprawności tłoczenia oleju w warunkach zimowych i letnich. *Probl. Inż. Rol.*, 78 (4), 163-170
12. Matthäus B. (2008). Production of high-quality virgin rapeseed oil- why so difficult? W: *Advances in analysis and technology of rapeseed oil. Monograph.* Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 139-150
13. Obiedzińska A., Waszkiewicz-Robak B. (2012). Oleje tłoczone na zimno jako żywność funkcjonalna. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość.*, 86 (1), 27-44

14. Panasiewicz M., Zawiślak K., Sobczak P., Mazur J., Sosińska E. (2012). Wybrane zabiegi obróbki wstępnej nasion rzepaku i ich wpływ na efektywność wytlaczania oleju. *Inż. Przet. Spoż.*, 1, 27-30
15. PN-A-86934:1995. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Spektrofotometryczne oznaczanie barwy
16. PN-EN ISO 659:1999. Nasiona oleiste. Oznaczanie zawartości oleju (Metoda odwoławcza)
17. PN-EN ISO 665:2002. Nasiona oleiste. Oznaczanie wilgotności i zawartości substancji lotnych
18. Rękas A., Wiśniewska K., Wroniak M. (2015). Wpływ ogrzewania mikrofalowego nasion rzepaku na wydajność i jakość wytłoczonego oleju. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość.*, 100 (3), 107-122
19. Rękas A., Wroniak M., Krygier K. (2016). Rynek rzepaku i oleju rzepakowego w Polsce i na świecie. *Przem. Spoż.*, 70 (7), 16-19
20. Sobczuk H., Tys J. (2004). Analiza procesu ściskania nasion rzepaku w teście olejowym. *Acta Agrophysica*, 4 (2), 547-555
21. 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
22. 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
23. Spielmeyer A., Wagner A., Jahreis G. (2009). Influence of thermal treatment of rapeseed on the canolol content. *Food Chem.*, 112, 944-948
24. Tańska M., Rotkiewicz D., Ambrosewicz-Walacik M. (2013). Wpływ warunków ogrzewania nasion rzepaku i gorczycy białej na cechy olejów do produkcji biodiesla. *Rośliny Oleiste*, 34 (1), 103-114
25. Tynek M., Pawłowicz R., Gromadzka J., Tylingo R., Wardecki W., Karlovits G. (2012). Virgin rapeseed oils obtained from different rape varieties by cold pressed method – their characteristics, properties and differences. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.*, 114, 357-366
26. 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

27. Venkatesh, M. S., Raghavan, S. V. (2004). An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials. *Biosystems Eng.*, 88, 1-18
28. 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
29. Wroniak M. (2012). Wartość żywieniowa olejów rzepakowych tłoczonych na zimno. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość.*, 85 (6), 79-92
30. Wroniak M., Ptaszek A., Ratusz K. (2013). Ocena wpływu warunków tłoczenia w prasie ślimakowej na jakość i skład chemiczny olejów rzepakowych. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 1 (85), 92-104
31. Wroniak M., Rękas A., Siger A., Janowicz M. (2016). Microwave pretreatment effects on the changes in seedsmicrostructure, chemical composition and oxidative stability of rapeseed oil. *LWT - Food Sci. Technol.*, 68, 634-641
32. 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
33. Zheng Ch., Yang M., Zhou Q., Liu Ch.-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 Tech.*, 116, 1675-1684