

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ŚRUTY RZEPAKOWEJ W PROCESIE SMAŻENIA ZANURZENIOWEGO W ASPEKCIE ZMIAN JAKOŚCI MEDIUM SMAŻALNICZEGO

Dominik Kmieciak✉, Joanna Kobus-Cisowska, Bartosz Kulczyński,
Natalia Okińczyc, Józef Korczak
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Celem pracy jest ocena możliwości wykorzystania śruty rzepakowej do stabilizacji oleju rzepakowego wykorzystywanego w czasie procesu smażenia zanurzeniowego. W badaniach wykorzystano częściowo uwodorniony olej rzepakowy bez dodatku przeciwutleniaczy oraz z dodatkiem ekstraktu ze śruty rzepakowej, kwasu sinapowego i BHT. Frytki ziemniaczane smażono 8 h dziennie przez pięć kolejnych dni. Po zakończeniu każdego dnia pobierano próbki olejów (200 ml), w których określono zmiany liczby kwasowej, liczby anizydynowej, barwy oleju i fitosteroli. W wyniku procesu smażenia obserwowano pogorszenie jakości wykorzystywanego oleju. Największe zmiany liczby anizydynowej i liczby kwasowej obserwowano w oleju z dodatkiem ekstraktu ze śruty rzepakowej lub kwasu sinapowego, mniejsze w oleju bez dodatków lub z dodatkiem BHT. Liczba kwasowa we wszystkich badanych próbach po zakończeniu smażenia nie przekraczała $2,5 \text{ mg KOH} \cdot \text{g}^{-1}$. Dodatek ekstraktu ze śruty rzepakowej oraz kwasu sinapowego prowadził do mniejszych ubytków steroli w porównaniu z pozostałymi próbkami. Nie stwierdzono istotnych różnic między barwą analizowanych prób.

Słowa kluczowe: smażenie, olej rzepakowy, stabilność tłuszczu, śruta rzepakowa, polifenole

WSTĘP

Przemysłowe, mrożone, smażone produkty ziemniaczane są bardzo popularne zarówno w gospodarstwie domowym, jak i w gastronomii. Łatwość ich przechowywania, krótki czas przygotowania oraz walory organoleptyczne decydują, że są one najczęściej wykorzystywane jako samodzielne danie (przekąska) lub jako dodatek do dań zasadni-

✉dominik.kmieciak@up.poznan.pl

czych. Duże zastrzeżenia budzi jednak fakt, że w zależności od sposobu przygotowania i miejsca zakupu mogą to być produkty o dużej zawartości tłuszczu (wysokoenergetyczne) oraz o zróżnicowanej jakości [Rutkowska i Żbikowska 2009, Kmieciak i in. 2014]. Ponieważ proces smażenia jest procesem wymiany ciepła i masy pomiędzy smażonym produktem a medium grzejnym oraz ze względu na degradację tłuszczu w czasie smażenia na drodze utleniania, hydrolizy i polimeryzacji, faktyczna jakość oleju w momencie smażenia ma istotny wpływ na jakość smażonego produktu (jakość zawartego w nim tłuszczu) [Dobarganes i in. 2000, Choe i Min 2007, Gertz 2014]. Wysoka temperatura oraz długi czas wykorzystania tłuszczu w procesie głębokiego smażenia prowadzi do konieczności stosowania odpowiednich metod smażenia, tłuszczów o określonym profilu kwasów tłuszczowych oraz bardzo często stosowania przeciwutleniaczy, substancji mających na celu ograniczenie przemian zachodzących w procesie oksydacji. Najczęściej do tłuszczów przeznaczonych do smażenia stosuje się przeciwutleniacze syntetyczne, takie jak: BHT (butylohydroksy toluen), BHA (butylohydroksy anizol), TBHQ (tert-butylohydrochinon), oraz galusany, jednakże charakteryzują się one słabymi właściwościami przeciwutleniającymi w wysokich temperaturach ze względu na ich szybki rozkład i odparowanie z parą wodną. Ponadto syntetyczne dodatki do żywności charakteryzują się mniejszą akceptacją wśród społeczeństwa [Márquez-Ruiz i in. 2014, Aladedunye 2015]. Przeciwutleniacze naturalne, które występują natywnie w wykorzystywanych olejach i pochodzące ze źródeł naturalnych budzą znacznie mniej kontrowersji. Do przeciwutleniaczy naturalnie występujących w olejach zaliczamy m.in. tokoferole i tokotrienole, skwalen, sitosterol, stigmasterol, kwasy fenolowe, karoteny czy fosfatydocholiny. Drugim źródłem naturalnych przeciwutleniaczy, coraz częściej wykorzystywanym w badaniach dotyczących ich przeciwutleniających właściwości w czasie smażenia, są ekstrakty pozyskiwane z ziół, przypraw, owoców czy liści herbaty. Głównymi związkami o charakterze przeciwutleniającym w pozyskanych ekstraktach są związki fenolowe (mono- i diterpeny, kwasy fenolowe, flawonole) [Marmesat i in. 2010, Aladedunye 2014]. Jednym ze źródeł polifenoli wykorzystywanych do stabilizacji emulsji tłuszczowych i olejów w czasie przechowywania i smażenia może być śruta rzepakowa oraz pozyskiwane z niej ekstrakty [Wanasundara i in. 1994, Hassasroudsari i in. 2009, Szydłowska-Czerniak i in. 2011]. Aktywność naturalnych źródeł przeciwutleniaczy w procesie smażenia została już potwierdzona, jednak wykorzystanie w komercyjnych produktach wciąż jest znikome głównie z przyczyn większych kosztów ich pozyskiwania, problemów z rozpuszczalnością w tłuszczach oraz wpływu na walory organoleptyczne zarówno medium grzejnego, jak i smażonego produktu [Tabee i in. 2008, Kmieciak i in. 2009, Karakaya i Şimşek 2011, Singh 2013, Kmieciak i in. 2015].

Celem pracy jest ocena możliwości wykorzystania śruty rzepakowej do stabilizacji oleju rzepakowego wykorzystywanego w czasie procesu smażenia zanurzeniowego.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano częściowo uwodorniony olej rzepakowy i frytki ziemniaczane tradycyjne (produkt mrożony) zakupione na lokalnym rynku. Skład chemiczny oleju rzepakowego oraz wykorzystywanych frytek przedstawiono w tabeli 1. Medium

Tabela 1. Skład chemiczny oleju rzepakowego oraz frytek ziemniaczanych

Table 1. Chemical composition of frying media and french fries

Wyszczególnienie Specification	Olej rzepakowy Rapeseed oil	Frytki ziemniaczane Potatoes fries
Skład kwasów tłuszczowych – Fatty acid composition [%]		
8:0	0,16 ±0,02	0,10 ±0,00
10:0	0,13 ±0,01	0,00
12:0	0,92 ±0,03	0,08 ±0,02
14:0	0,51 ±0,02	0,10 ±0,03
16:0	9,43 ±0,05	5,84 ±0,08
16:1	0,24 ±0,02	0,17 ±0,04
18:0	2,74 ±0,03	2,46 ±0,04
18:1	77,96 ±0,80	54,64 ±0,12
18:2	6,04 ±0,02	33,76 ±0,08
18:3	0,31 ±0,01	1,97 ±0,06
20:0	1,14 ±0,06	0,60 ±0,04
20:1	0,00	0,08 ±0,00
22:0	0,19 ±0,01	0,00
22:1	0,23 ±0,08	0,20 ±0,01
Liczba jodowa – Iodine value	79,71 ±1,82	111,88 ±0,78
Zawartość tłuszczu Fat content [%]	–	4,42 ±0,08
Fitosterole ogółem [mg·g ⁻¹ oleju] Phytosterols content [mg·g ⁻¹ oil]	4,79 ±0,12	3,86 ±0,06
Brasikasterol [mg·g ⁻¹ oleju] Brasicasterol [mg·g ⁻¹ oil]	0,51 ±0,07	0,00
Kampesterol [mg·g ⁻¹ oleju] Campesterol [mg·g ⁻¹ oil]	1,79 ±0,06	1,42 ±0,04
Stigmasterol [mg·g ⁻¹ oleju] Stigmasterol [mg·g ⁻¹ oil]	0,03 ±0,00	0,11 ±0,01
β-sitosterol [mg·g ⁻¹ oleju] β-Sitosterol [mg·g ⁻¹ oil]	2,33 ±0,08	2,13 ±0,01
Awenasterol [mg·g ⁻¹ oleju] Avenastrol [mg·g ⁻¹ oil]	0,12 ±0,07	0,19 ±0,00

smażalnice stanowiły cztery próby oleju odpowiednio: bez dodatku przeciwutlenia-czy (próba odniesienia) oraz z dodatkiem etanolowego ekstraktu ze śruty rzepakowej (0,02%), kwasu sinapowego (0,02%) i BHT (butylohydroksy toluen) (0,02%). Ekstrakt śruty rzepakowej otrzymano poprzez dwukrotną ekstrakcję 95-procentowym etanolem rozdrobionych i odtuszczonych nasion rzepaku, prowadzoną przez 20 min w temperaturze 80°C [Wanasundara i in. 1994]. Kwas sinapowy oraz BHT zakupiono w firmie Sigma-Aldrich. Smażenie przeprowadzono w temperaturze 170°C ±10°C, w elektrycznych frytownicach gastronomicznych o pojemności 3,5 l (Caterina), w dwóch równo-

ległych próbach dla każdego z zastosowanych dodatków (frytownice I i II). Smażenie odbywało się w 15-minutowych cyklach (4 min smażenia frytek i 11 min podgrzewania tłuszczu) i było prowadzone przez 8 h dziennie przez 5 dni (łącznie 40 h smażenia). Pomiedzy poszczególnymi dniami smażenia olej był chłodzony, filtrowany i przechowywany w warunkach chłodniczych (5°C). Jednorazowo smażono 100 g produktu. Po zakończeniu każdego dnia procesu (8 h) pobierano próbkę oleju (200 ml). Zamykano ją w plastikowych pojemnikach w atmosferze azotu i przechowywano w temperaturze -24°C do momentu wykonania analiz chemicznych. Przed rozpoczęciem kolejnego dnia smażenia ubytki oleju uzupełniano 300 ml świeżego oleju bez dodatku odpowiedniego przeciwutleniacza lub z jego dodatkiem. W próbach oleju analizowano zmiany liczby kwasowej [PN-ISO 660:2010], liczby anizydynowej [PN-EN ISO 6885:2001], barwy oleju spektrofotometrycznie [AOCS Official method Cc 13c-50] i zawartości fitosteroli ogółem [Kmiecik i in. 2015]. Analizę steroli przeprowadzono przy użyciu chromatografu gazowego Agilent Technologies 7820A GC wyposażonego w detektor FID oraz kolumnę kapilarną DB-35M (30 m, 0,25 mm, 0,25 µm) (Agilent Technologies). Rozdział fitosteroli prowadzono w programie temperaturowym od 100 do 290°C w czasie 40 min w trybie splitless. Temperatura iniektora oraz detektora wynosiła 250°C. Gazem nośnym był hel o przepływie 1 ml·min⁻¹. W nieogrzewanym oleju oraz we frytkach określono skład kwasów tłuszczowych [PN-EN ISO 12966-1:2015-01], liczbę jodową [AOCS Official Method Cd 1d-92] oraz zawartość tłuszczu metodą ekstrakcyjno-wagową w aparacie Soxtec System HT6 (Foss Tecator).

Analizę statystyczną uzyskanych wyników (jednoczynnikowa analiza wariancji, test Tukeya) przeprowadzono w programie Statistica 10.0 PL (StatSoft). Średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe prób obliczono z wykorzystaniem programu Microsoft Excel (Microsoft Corporation). Oznaczenia wykonano w podwójnym powtórzeniu.

WYNIKI I DISKUSJA

Wartość liczby anizydynowej w olejach świeżych przed rozpoczęciem procesu smażenia była niska i wynosiła od 5,7 do 6,5 (tab. 2). Największy wzrost liczby anizydynowej we wszystkich wariantach obserwowano w ciągu pierwszych 8 h smażenia. Po zakończeniu pierwszego dnia procesu wartość liczby anizydynowej wynosiła od 50,7 do 78,6, odpowiednio w oleju z dodatkiem BHT (II frytownica) oraz w oleju z dodatkiem ekstraktu śruty rzepakowej (frytownica I). W kolejnych dniach smażenia obserwowano stały wzrost poziomu wtórnych produktów utleniania jednak ich przyrost nie był tak dynamiczny jak na początku. Średnio po każdych 8 h procesu poziom liczby anizydynowej wzrastał od 4 do 20 jednostek. Wartość liczby anizydynowej w próbach po zakończeniu procesu smażenia (40 h) wahała się od 61,8 do 108,8 (tab. 2). Najwyższy jej poziom obserwowano w oleju z dodatkiem kwasu sinapowego i był on istotnie wyższy od pozostałych wyników, a także w obu frytownicach z dodatkiem ekstraktu śruty rzepakowej. Ich zawartość wynosiła 93,2 i 98,4, odpowiednio dla frytownic I i II. Najmniejsza wartość liczby anizydynowej była charakterystyczna dla oleju bez dodatku przeciwutleniaczy i wynosiła 61,8 i 62,2 odpowiednio w I i II frytownicy. Nieco odmienne wyniki uzyskali Kita i inni [2011], stosując w czasie smażenia olej palmowy zmieszany z olejem rzepakowym oraz

Tabela 2. Zmiany liczby anizydynowej w czasie smażenia frytek w oleju

Table 2. Changes of anisidine value during deep-frying process in rapeseed oil

Wyszczególnienie Specification	Czas smażenia – Frying times [h]					
	0	8	16	24	32	40
Bez dodatków Without additions I*	6,2 ±0,3aA**	51,8 ±0,9bA	61,2 ±0,0cA	65,5 ±5,4cA	67,0 ±0,1cA	61,8 ±1,3cA
Bez dodatków Without additions II	6,2 ±0,3aA	53,4 ±1,4bA	65,8 ±0,3cA	67,9 ±3,4cA	66,0 ±0,5cA	62,2 ±1,4cA
Ekstrakt śrutu rzepakowej Rapessed meal extract I	6,0 ±0,2aA	78,6 ±2,6bC	82,3 ±1,8bB	83,8 ±0,7bC	85,3 ±1,6bD	93,2 ±0,9cD
Ekstrakt śrutu rzepakowej Rapessed meal extract II	5,7 ±1,4aA	67,8 ±1,52bB	82,5 ±4,0cB	87,7 ±2,2cC	96,1 ±3,5dC	98,4 ±0,7dD
Kwas sinapowy Sinapic acid I	6,5 ±0,1aA	68,1 ±2,5bB	88,2 ±0,5cB	107,4 ±0,8dB	107,9 ±0,4dB	108,8 ±1,1dC
Kwas sinapowy Sinapic acid II	6,3 ±0,5aA	77,7 ±0,2bC	82,3 ±0,3bB	87,2 ±0,2bC	90,2 ±0,2bcdC	100,4 ±1,1eD
BHT I	6,5 ±0,5aAB	51,4 ±0,5bA	64,2 ±0,1cA	67,3 ±0,9cA	66,3 ±0,1cA	68,7 ±0,1cAB
BHT II	6,4 ±0,4aA	50,7 ±0,3bA	66,4 ±0,5cA	67,5 ±0,6cA	68,3 ±0,5cA	70,4 ±0,3cB

* I, II – frytownice I i II – dwa równoległe procesy smażenia dla tego samego dodatku – fryers I and II – two parallel frying processes for the same additive;

**abc – wartości w tych samych wierszach oznaczone przez różne małe litery oznaczają istotnie statystyczne różnice dla tej samej próby w różnym czasie pomiaru, przy $\alpha < 0,05$; ABC – wartości w tych samych kolumnach oznaczone przez duże litery oznaczają istotnie statystyczne różnice dla różnych przeciwużyciaczy w tym samym czasie pomiaru, przy $\alpha < 0,05$ – means in the same rows followed by different small letters indicate significant differences ($\alpha < 0.05$) between the same samples in the different process time. Means in the same column followed by different capital letters indicate significant differences ($\alpha < 0.05$) between different samples in the same process time.

syntetycznym przeciwutleniaczem TBHQ. W czasie 5 h smażenia zawartość wtórnych produktów utleniania w oleju z dodatkiem przeciwutleniacza była większa niż w oleju bez dodatków, jednak po 10 h smażenia tendencja ta uległa zmianie. Na końcu procesu TBHQ prowadził do mniejszej zawartości tych związków.

Oleje wykorzystane w procesie smażenia charakteryzowały się małą zawartością wolnych kwasów tłuszczowych, wyrażonych jako liczba kwasowa (tab. 3). Jej wartości kształtowały się na poziomie od 0,05 mg KOH·g⁻¹ w oleju z dodatkiem kwasu sinapowego (frytownica I) do 0,09 mg KOH·g⁻¹ w próbie z tym samym dodatkiem we frytownicy II. Uzyskane wyniki nie różniły się statystycznie. Podobnie jak wcześniej w czasie smażenia obserwowano stały wzrost zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w badanych próbach, ale był on równomierny na wszystkich etapach procesu. W większości przypadków przy tym samym czasie smażenia próby nie różniły się statystycznie. Wartość liczby kwasowej po 40-godzinnym procesie wynosiła od 1,20 do 1,45 mg KOH·g⁻¹, odpowiednio dla oleju z dodatkiem BHT (frytownica I) i oleju z dodatkiem ekstraktu uzyskanego ze śruty rzepakowej (frytownica II). Wyniki zmian liczby kwasowej oleju w czasie smażenia przedstawiono w tabeli 3.

Początkowa zawartość fitosteroli w oleju nieogrzewanym wynosiła 4,79 mg·g⁻¹ oleju (tab. 1) i w czasie procesu smażenia systematycznie malała, jednakże ich ubytek zależał od zastosowanego przeciwutleniacza i wynosił od 19,86 do 44,11% (rys. 1). Końcowa zawartość fitosteroli w analizowanych próbach wahała się od 2,73 mg·g⁻¹ (olej bez dodatku przeciwutleniaczy) do 3,84 mg·g⁻¹ (olej z dodatkiem kwasu sinapowego). Zawartość steroli po 40 h smażenia w oleju z dodatkiem ekstraktu śruty rzepakowej wynosiła 3,62 i 3,59 mg·g⁻¹ (odpowiednio dla frytownic I i II) i nie różniła się statystycznie od poziomu steroli w próbach z dodatkiem kwasu sinapowego. Najniższy poziom fitosteroli obserwowano w próbie oleju bez dodatku przeciwutleniaczy – 2,73 mg·g⁻¹ (frytownica II) oraz próbie oleju z dodatkiem BHT – 2,68 mg·g⁻¹ (frytownica II). W odróżnieniu do oceny zawartości wtórnych produktów utleniania oraz wolnych kwasów tłuszczowych, dodatek do oleju kwasu sinapowego czy ekstraktu ze śruty rzepakowej prowadził do mniejszych ubytków fitosteroli w porównaniu do próbek oleju bez dodatku przeciwutleniaczy oraz z dodatkiem BHT. W większości prób większe ubytki fitosteroli obserwowano w pierwszych 16 h prowadzonego procesu.

Barwa oleju nieogrzewanego była typowa dla oleju rzepakowego, a jej wartości mierzone były w przedziale od 0,126 do 0,131 (rys. 2). We wszystkich analizowanych próbach obserwowano pociemnienie barwy oleju, dla której wzrost wartości był najczęściej proporcjonalny przez cały okres prowadzonego procesu. Po zakończeniu smażenia wartości uzyskane dla barwy były jednak zróżnicowane i wahały się w przedziale od 0,167 do 0,190, co stanowiło wzrost od 29,55 do 50,79% w stosunku do próby nieogrzewanej. Największa zmiana barwy, po zakończeniu procesu smażenia, była charakterystyczna dla prób oleju z dodatkiem ekstraktu ze śruty rzepakowej. Końcowa barwa określona została na poziomie 0,190 (wzrost o 50,79%). Najmniejsze zmiany barwy obserwowano w oleju, do którego nie dodano żadnych substancji przeciwutleniających.

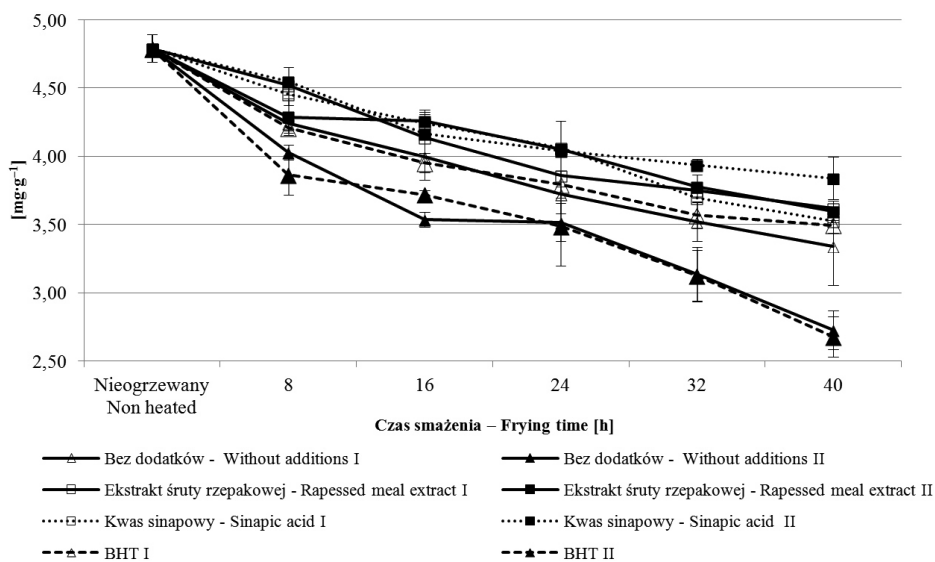
Duża zawartość wtórnych produktów utleniania w próbach z dodatkiem ekstraktu śruty rzepakowej oraz porównywalny z innymi próbami poziom wolnych kwasów tłuszczowych może wskazywać na brak aktywności dodatku ekstraktu śruty rzepakowej w czasie smażenia. Biorąc jednak pod uwagę wyniki prac dotyczących wykorzystania związków

Tabela 3. Zmiany liczby kwasowej w czasie smażenia frytek w oleju rzepakowym [mg KOH·g⁻¹]

Table 3. Changes of acid value during deep-frying process in rapeseed oil [mg KOH·g⁻¹]

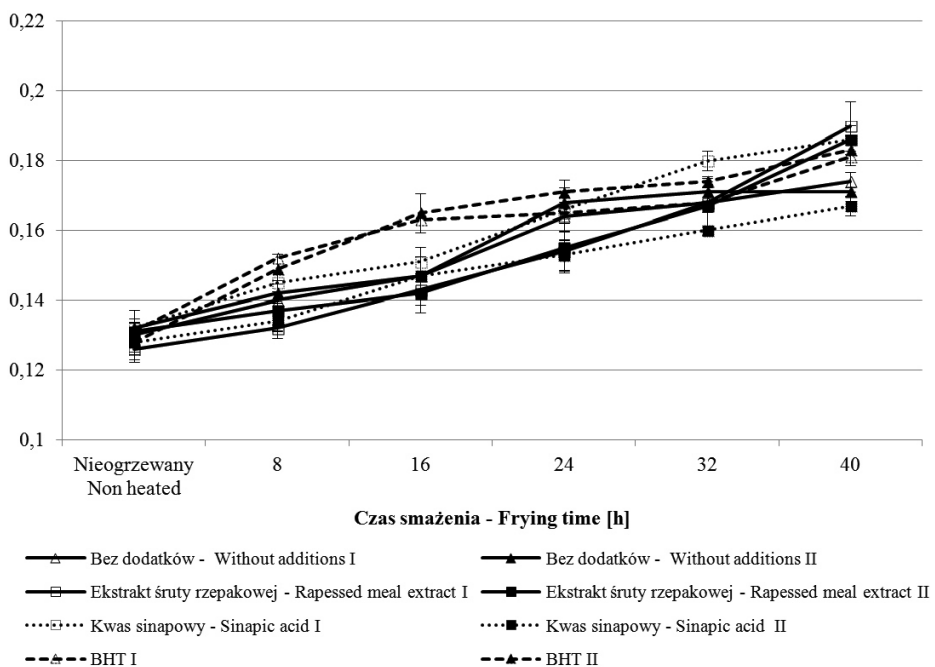
Wyszczególnienie Specification	Czas smażenia – Frying times [h]					
	0	8	16	24	32	40
Bez dodatków I Without additions I*	0,06 ±0,02 aA**	0,25 ±0,04 aAB	0,64 ±0,04 bA	0,87 ±0,04 cA	1,06 ±0,08 cdA	1,23 ±0,07 dA
Bez dodatków II Without additions II	0,07 ±0,02 aA	0,34 ±0,00 bAB	0,67 ±0,08 cA	0,92 ±0,20 dA	1,06 ±0,00 dA	1,37 ±0,03 eA
Ekstrakt śrutu rzepakowej I Rapeseed meal extract I	0,07 ±0,00 aA	0,42 ±0,04 bB	0,65 ±0,03 cA	0,88 ±0,01 dA	0,93 ±0,04 dA	1,40 ±0,01 eA
Ekstrakt śrutu rzepakowej II Rapeseed meal extract II	0,07 ±0,01 aA	0,37 ±0,01 bAB	0,62 ±0,03 cA	0,89 ±0,02 dA	0,98 ±0,05 dA	1,45 ±0,03 eA
Kwas sinapowy I Sinapic acid I	0,05 ±0,01 aA	0,31 ±0,04 bAB	0,62 ±0,02 cA	0,90 ±0,04 dA	0,96 ±0,05 dA	1,31 ±0,04 eA
Kwas sinapowy II Sinapic acid II	0,09 ±0,01 aA	0,24 ±0,02 aAB	0,57 ±0,04 bA	0,79 ±0,03 cA	0,92 ±0,03 cA	1,21 ±0,02 dA
BHT I	0,06 ±0,02 aA	0,22 ±0,00 aAB	0,56 ±0,08 bA	0,87 ±0,04 cA	0,89 ±0,08 cA	1,20 ±0,04 dA
BHT II	0,07 ±0,02 aA	0,20 ±0,04 aA	0,56 ±0,00 bA	0,81 ±0,11 cA	0,86 ±0,12 cA	1,36 ±0,04 dA

* Opis taki sam jak w tabeli 2 – description the same as in Table 2.



Rys. 1. Ubytek fitosteroli ogółem w czasie procesu smażenia w oleju rzepakowym

Fig. 1. The decrease of total phytosterols content during deep-frying process in rapeseed oil



Rys. 2. Zmiana barwy olejów w czasie smażenia frytek w oleju rzepakowym

Fig. 2. The change of oil color during deep-frying process in rapeseed oil

fenolowych pochodzących z różnych źródeł w procesach smażenia można wnioskować, że mają one ukierunkowane działanie [Chiou i in. 2009, Aladedunye i Matthauss 2014, Kmiecik i in. 2015]. Autorzy cytowanych prac wskazują na lepsze zachowanie mikroskładników wykorzystywanych olejów (zawartość tokoferoli, fitosteroli, skwalenu), wyższe poziomy tokoferoli i fitosteroli w smażonej żywności oraz wolniejsze przemiany termiczne i całkowite medium smaźalniczego (zawartość frakcji polarnej, polimery triacylogliceroli) gdy do oleju dodawano naturalnie pozyskiwane polifenole w porównaniu do prób bez dodatku lub z dodatkiem syntetycznych przeciwutleniaczy.

WNIOSKI

1. We wszystkich próbach obserwowano wzrost zawartości wtórnych produktów utleniania tłuszczu oraz wolnych kwasów tłuszczowych w czasie prowadzenia procesu smażenia. Dodatek przeciwutleniaczy nie ograniczał przemian związanych z utlenianiem i hydrolizą wykorzystywanego oleju.

2. W czasie procesu smażenia obserwowano spadek zawartości fitosteroli ogółem we wszystkich analizowanych próbach. Największy ubytek fitosteroli obserwowano w oleju bez dodatku przeciwutleniaczy, mniejsze ubytki natomiast w próbach z dodatkiem ekstraktu śruty rzepakowej i kwasu sinapowego.

3. W olejach z dodatkiem substancji przeciwutleniających obserwowano większe zmiany barwy w porównaniu do oleju bez dodatków, jednak różnice te były nieistotne statystycznie. Próby ze względu na większe pociemnienie barwy można uszeregować w następującej kolejności olej z dodatkiem ekstraktu śruty rzepakowej > BHT > kwas sinapowy > olej bez dodatków.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane w ramach projektu MNiSW N N312 265738.

LITERATURA

- Aladedunye F.A., 2014. Natural antioxidants as stabilizers of frying oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116(6), 688–706.
- Aladedunye F., Matthauss B., 2014. Phenolic extracts from *Sorbus aucuparia* (L.) and *Malus baccata* (L.) berries: Antioxidant activity and performance in rapeseed oil during frying and storage. *Food Chem.* 159, 273–281.
- Aladedunye F.A., 2015. Curbing thermo-oxidative degradation of frying oils: Current knowledge and challenges. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117(11), 1867–1881.
- AOCS Official method Cc 13c-50, 1999. AOCS Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Wyd. V. AOCS, Champaign.
- AOCS Official Method Cd 1d-92, 1993. Iodine Value of Fats and Oils, Cyclohexane–Acetic Acid Method. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Wyd. III. American Oil Chemists' Society, USA.

- Choe E., Min D.B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *J. Food Sci.* 72(5), 77–86.
- Chiou A., Kalogeropoulos N., Salta F.N., Efstathiou P., Andrikopoulos N.K., 2009. Pan-frying of French fries in three different edible oils enriched with olive leaf extract: Oxidative stability and fate of microconstituents. *Food Sci. Technol.* 42(6), 1090–1097.
- Dobarganes C., Márquez-Ruiz G., Velasco J., 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102(8–9), 521–528.
- Gertz C., 2014. Fundamentals of the frying process. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116, 669–674.
- Hassasroudsari M., Chang P., Pegg R., Tyler R., 2009. Antioxidant capacity of bioactives extracted from canola meal by subcritical water, ethanolic and hot water extraction. *Food Chem.* 114(2), 717–726.
- Karakaya S., Şimşek Ş., 2011. Changes in Total Polar Compounds, Peroxide Value, Total Phenols and Antioxidant Activity of Various Oils Used in Deep Fat Frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 88(9), 1361–1366.
- Kita A., Tajner-Czopek A., Pęksa A., 2011. Wpływ dodatku przeciwutleniaczy do oleju smażalniczego na zawartość akrylamidu w smażonych produktach ziemniaczanych. *ZNTJ* 5(78), 3–46.
- Kmiecik D., Gramza-Michałowska A., Korczak J., 2014. Ocena jakości mrożonych ziemniaczanych produktów smażonych dostępnych na polskim rynku. *Nauk. Przynr. Technol.* 8(4), 1–12.
- Kmiecik D., Korczak J., Rudzińska M., Gramza-Michałowska A., Heś M., 2009. Stabilization of phytosterols in rapeseed oil by natural antioxidants during heating. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 111(11), 1124–1132.
- Kmiecik D., Korczak J., Rudzińska M., Gramza-Michałowska A., Heś M., Kobus-Cisowska, J., 2015. Stabilisation of phytosterols by natural and synthetic antioxidants in high temperature conditions. *Food Chem.* 173, 966–971.
- Marmesat S., Morales A., Velasco J., Dobarganes M.C., 2010. Action and fate of natural and synthetic antioxidants during frying. *Grasas y Aceites* 61(4), 333–340.
- Márquez-Ruiz G., Ruiz-Méndez M.V., Velasco J., 2014. Antioxidants in frying: Analysis and evaluation of efficacy. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 116(11), 1441–1450.
- PN-EN ISO 660:2010. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby kwasowej i kwasowości.
- PN-EN ISO 6885:2001. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Oznaczanie liczby anizydynowej.
- PN-EN ISO 12966-1:2015-01. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Część 1: Przewodnik do nowoczesnej chromatografii gazowej estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- Rutkowska J., Żbikowska A., 2009. Analiza składu i jakości tłuszczu z medium i frytek z restauracji typu fast-food, ze szczególnym uwzględnieniem izomerów trans kwasów tłuszczowych. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 4, 1095–1103.
- Singh A., 2013. Sitosterol as an antioxidant in frying oils. *Food Chem.* 137(1–4), 62–67.
- Szydłowska-Czerniak A., Bartkowiak-Broda I., Karlović I., Karlovits G., Szlyk E., 2011. Antioxidant capacity, total phenolics, glucosinolates and colour parameters of rapeseed cultivars. *Food Chem.* 127(2), 556–563.
- Tabee E., Azadmard-Damirchi S., Jägerstad M., Dutta P.C., 2008. Effects of α -Tocopherol on Oxidative Stability and Phytosterol Oxidation During Heating in Some Regular and High-Oleic Vegetable Oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 85(9), 857–867.
- Wanasundara U., Amarowicz R., Shahidi F., 1994. Isolation and identification of an antioxidative component in canola meal. *J. Agric. Food* 42(6), 1285–1290.

THE USE OF RAPESEED MEAL AS A SOURCE OF NATURAL ANTIOXIDANTS IN FRYING PROCESS

Summary. The aim of the study is to evaluate the possibility of using rapeseed meal to stabilize the rapeseed oil during the deep-frying process. Frying medium were four samples of partially hydrogenated rapeseed oil: without antioxidants added and with the addition of rapeseed meal extract (0.02%), sinapic acid (0.02%) and BHT (butylated hydroxytoluene) (0.02%). In the frying process the traditional French fries (frozen product) purchased on the local market were used. The frying was done at $170 \pm 10^\circ\text{C}$, in two gastronomic electric fryers (3.5 L capacity) (Caterina), which accounted two replicates of the same sample. Frying continued in 15-minute cycles (4 min of frying and 11 min of heating oil), and was carried out for 8 h per day for 5 consecutive days (40 h of frying). Once 100 g of product were fried. Every day, after 8 h of frying, samples of oil (200 ml) were collected, closed under nitrogen and frozen at -24°C until analysis. In all samples of oil changes of acid value, anisidine value, the color of oil and the contents of total phytosterols were analyzed. In all samples collected during frying process deterioration in the quality of used oil was observed, however, these changes were varied and depended on the type of the addition. The content of secondary oxidation products at the end of process ranged from 61.77 to 108.82 and was 10- to 20-times higher compared to initial state. The highest increase of anisidine value in oil with addition of extract from rapeseed meal and sinapic acid was observed. The addition of antioxidants led to lower losses of phytosterols during the whole process of frying. The more active additives were the ethanol extract of rapeseed meal and sinapic acid. The losses ranged from 19.86 do 26.44% compared to 30.28 to 44.11% losses in other samples. In almost all samples, a higher phytosterols loss during the first half of frying process was observed. Oils with the addition of antioxidants were characterized by higher color change compared to the oil without additives.

Key words: deep frying, rapeseed oil, fat stability, rapeseed meal, polyphenols